



**TUGAS AKHIR - SB 141510**

**DINAMIKA KELIMPAHAN BAKTERI  
TERKAIT KEMUNCULAN PENYAKIT *ICE-ICE*  
PADA RUMPUT LAUT (*Kappaphycus alvarezii*)**

**MAHARAH HUWAINA MADINI  
NRP. 1512100052**

**Dosen Pembimbing:  
Dr. techn. Endry Nugroho Prasetyo, MT.  
Isdiantoni, SP., MP.**

**Jurusan Biologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016**



**FINAL PROJECT - SB141510**

**DYNAMIC ABUNDANT OF BACTERIAL RELATED TO ICE  
ICE DISEASE ON SEAWEED (*Kappaphycus alvarezii*)**

**MAHARAH HUWAINA MADINI  
1512100052**

**Supervisor:  
Dr. techn. Endry Nugroho Prasetyo, MT.  
Isdiantoni, SP., MP.**

**Departement of Biology  
Faculty of Mathematics and Natural Science  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016**

## HALAMAN PENGESAHAN

# DINAMIKA KELIMPAHAN BAKTERI TERKAIT KEMUNCULAN PENYAKIT *Ice-Ice* PADA RUMPUT LAUT (*Kappaphycus alvarezii*)

## TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
Pada  
Jurusan S-1 Jurusan Biologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh  
**MAHARAH HUWAINA MADINI**  
**NRP. 1512 100 052**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

**Dr. techn. Endry Nugroho Prasetyo, MT.....(Pembimbing I)**  
**Isdiantoni, SP., MP.....(Pembimbing II)**

Surabaya, 6 Juni 2016

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Biologi

**Dr. Dewi Hidayati, M.Si**  
**NIP. 19691121 199802 2 001**



DINAMIKA KELIMPAHAN BAKTERI TERKAIT  
KEMUNCULAN PENYAKIT *ICE-ICE* PADA RUMPUT LAUT  
(*Kappaphycus alvarezii*)

**Nama Mahasiswa : Maharah Huwaina Madini**  
**NRP : 1512 100 052**  
**Jurusan : Biologi**  
**Dosen Pembimbing : Dr.techn. Endry Nugroho P., MT.  
Isdiantoni S.P., M.P.**

Abstrak

*Kappaphycus alvarezii* merupakan salah satu jenis rumput laut yang sering terinfeksi penyakit ice-ice dengan ditandai adanya perubahan warna talus rumput laut putih bening atau transparan. Penyakit ini dapat menyebabkan penurunan produksi pada beberapa lokasi budidaya rumput laut. Oleh karena itu, pengendalian penyakit ice-ice melalui karakterisasi dan enumerasi bakteri perlu dilakukan untuk mengetahui lokasi budidaya yang cocok sehingga mampu meningkatkan jumlah produksi rumput laut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter dan dinamika kelimpahan bakteri yang terdapat pada masing-masing lokasi budidaya rumput laut terkait adanya kemunculan penyakit ice-ice dengan adanya perubahan kondisi lingkungan.

Dinamika kelimpahan bakteri di perairan desa Talango, Saronggi, dan Lobuk fluktuatif. Sedangkan dinamika kelimpahan bakteri di perairan desa Palasa selalu meningkat namun jumlah peningkatan dari bulan Desember 2015 sampai April 2016 tidak selalu sama. Karakteristik bakteri yang teridentifikasi pada tiap bulan di seluruh lokasi perairan budidaya rumput laut adalah bakteri Gram negatif dengan kemampuan motilitas untuk melakukan pergerakan.

**Kata Kunci:** *Kappaphycus alvarezii*, ice-ice, dinamika kelimpahan, karakteristik bakteri, kondisi lingkungan

DYNAMIC ABUNDANT OF BACTERIAL RELATED TO ICE  
ICE DISEASE ON SEAWEED (*Kappaphycus alvarezii*)

**Student Name : Maharah Huwaina Madini**  
**NRP : 1512 100 052**  
**Department : Biologi**  
**Supervisor : Dr.techn. Endry Nugroho P., MT.**  
**Isdiantoni S.P., M.P.**

**Abstract**

*Kappaphycus alvarezii is one kind of seaweed that often infected by ice-ice disease with discoloration into translucent or transparent white. This disease reduces the productivity of seaweed cultivation in some locations. Therefore restaining of ice-ice disease through characterization and enumeration bacteria has to be conducted to determine the suitable location for cultivation to increase the ammount of seaweed productivity.*

*This study aims to determine character and total dynamic of bacteria that found in each location of seaweed cultivation related to the occurrence of ice-ice disease with changing environmental conditions. The result showed that total dynamic of microbes in Talango, Saronggi, and Lobuk seaweed cultivation was fluctuative. Whereas total dynamic of microbes in palasa seaweed cultivation increased but the total excalation of bacteria from December 2015 until April 2016 was not equal in each month. Characteristics of bacteria that identified in each month across all locations of seaweed farming was a Gram-negative bacteria with the ability to perform a movements.*

**Keywords:** *Kappaphycus alvarezii, ice-ice, abudance dynamics, characteristics of bacteria, physicochemical environmental factors*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul *Dinamika Kelimpahan Bakteri terkait Kemunculan Penyakit Ice-Ice pada Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*)*. Laporan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar kesarjanaan strata 1 (S1) pada Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini penulis telah mendapatkan banyak masukan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT atas segala rahmat dan nikmat yang diberikan kepada penulis, Dr. techn. Endry Nugroho Prasetyo, MT. dan Isdiantoni SP., MP., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah meluangkan waktunya untuk membantu proses bimbingan dan memberikan ilmu dengan sabar kepada penulis, N. Dwianita Kuswytasari, S.Si., M.Si. dan Indah Trisnawati D.T., M.Si., Ph.D., selaku dosen penguji yang telah memberi pengarahan dan masukan kepada penulis, Ayahanda Maryunus TB dan Ibunda Siti NH atas segala doa restu dan kasih sayangnya, Biomaterial and Enzyme Technology Research Group 2015 dan seluruh mahasiswa Biologi ITS angkatan 2012 yang telah membantu saya.

Dengan kerendahan hati penulis menyadari bahwa penyusunan laporan tugas akhir ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, masukan berupa saran dan kritik yang dari para pembaca akan sangat membantu dalam penulisan selanjutnya. Penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat dan memberikan informasi bagi semua pihak.

Surabaya, 22 Juni 2016  
Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Permasalahan .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Manfaat .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Rumput Laut ( <i>Kappaphycus alvarezii</i> ) .....	5
2.1.1 Morfologi dan karakteristik <i>Kappaphycus alvarezii</i> .....	6
2.1.2 Faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan rumput laut ( <i>K. alvarezii</i> ) .....	7
2.2 Penyakit <i>Ice-ice</i> .....	8
2.2.1 Penyebab penyakit <i>Ice-ice</i> .....	9
2.2.2 Mekanisme infeksi penyakit <i>Ice-ice</i> .....	10
2.3 Bakteri .....	11
2.3.1 Karakteristik morfologi .....	12
2.3.1.1 Koloni .....	12
2.3.1.2 Bentuk sel .....	12
2.3.1.3 Uji Gram .....	13
2.3.2 Karakteristik biokimia .....	14
2.3.2.1 Reaksi biokimia cepat .....	14

2.3.3	Enumerasi bakteri.....	14
2.3.3.1	Metode <i>Total Plate Count</i> .....	15
2.3.3.2	Metode <i>Most Probable Number</i> .....	15
2.3.4	Bakteri <i>Ice-ice</i> . ....	15
2.3.4.1	<i>Vibrio</i> sp .....	15
2.3.4.2	<i>Pseudomonas</i> sp .....	15
2.3.4.3	<i>Flavobacterium</i> sp.....	16

### BAB III METODOLOGI

3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian .....	17
3.2	Metode Penelitian .....	17
3.2.1	Pengambilan sampel air laut, rumput laut, dan epifit .....	17
3.2.2	Pengukuran kondisi fisikokimia lingkungan .....	17
3.2.3	Isolasi bakteri .....	18
3.2.4	Enumerasi bakteri.....	18
3.2.5	Pemurnian bakteri.....	19
3.2.6	Karakterisasi bakteri.....	19
3.2.7	Deteksi keberadaan bakteri koliform.....	21
3.2.8	Analisis data .....	22

### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Karakteristik Bakteri pada Tipe Perairan Laut yang Berbeda.....	23
4.2	Dinamika Kelimpahan Bakteri pada Tipe Perairan Laut yang Berbeda .....	27
4.3	Korelasi Tipe Perairan Laut dengan Kemungkinan Kemunculan Penyakit <i>Ice-Ice</i> ....	30

### BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	37
5.2	Saran.....	37

DAFTAR PUSTAKA .....	39
LAMPIRAN.....	53



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1. Keberadaan Isolat Bakteri Air Laut yang Ditemukan pada Lokasi yang Berbeda.....	25
Tabel 4.2. Faktor lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan rumput laut .....	32

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Bentuk Percabangan <i>Kappaphycus alvarezii</i> .....	7
Gambar 2.2. Talus <i>K. Alvarezii</i> yang Memutih Disebabkan oleh <i>Ice-Ice</i> .....	9
Gambar 2.3. Tahap-Tahap Mekanisme Infeksi oleh Bakteri pada Penyakit <i>Ice-Ice</i> .....	11
Gambar 2.4. Morfologi Koloni Bakteri .....	12
Gambar 2.5. Morfologi Sel Bakteri.....	13
Gambar 4.1. Dendrogram Keeratan Kekerabatan/Similaritas antara Isolat Bakteri yang Diisolasi dengan Bakteri Terkait Kemunculan Penyakit <i>Ice-Ice</i> Di Perairan Palasa pada Januari 2016. ....	24
Gambar 4.2. Peta lokasi budidaya rumput laut.....	26
Gambar 4.3. Perhitungan total bakteri dan MPN pada bulan Desember 2015-April 2016.....	27
Gambar 4.4. Data sekunder hasil panen rumput laut tahun 2015.....	30
Gambar 4.5. Faktor lingkungan perairan pada lokasi perairan budidaya rumput laut yang berbeda .....	30
Gambar 4.6. Lokasi perairan yang sesuai untuk budidaya rumput laut.....	34

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Hasil Karakterisasi Bentuk Koloni Isolat Bakteri pada Perairan Desa Lobuk, Saronggi, Talango, dan Palasa Bulan Desember 2015-April 2016.....	53
Lampiran 2. Hasil Karakterisasi Isolat Bakteri pada Perairan Desa Lobuk, Saronggi, Talango, dan Palasa Bulan Desember 2015-April 2016 .....	57
Lampiran 3. Dendogram Keeratan Kekerabatan/Similaritas Antara Isolat Bakteri yang Diisolasi Dengan Bakteri Terkait Kemunculan Penyakit <i>Ice-Ice</i> Di Perairan Desa Lobuk, Saronggi, Talango, dan Palasa pada Bulan Desember 2015 Sampai April 2016. ....	62

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

*K. alvarezii* merupakan jenis rumput laut dengan kandungan karaginan tinggi yang dimanfaatkan sebagai agen pengemulsi, penstabil, dan pembentuk gel dalam proses industri (Ask & Azanza, 2001). Hal itu menyebabkan tingginya permintaan pasar yang akan berimplikasi pada peningkatan budidaya (Utojo, 2007; Kawaroe *et al.*, 2012). Namun, industri budidaya rumput laut ini menghadapi banyak tantangan seperti perubahan musim, hasil panen yang fluktuatif, kerentanan terhadap penyakit, hama, dan infeksi (Hurtado, *et al.*, 2008; Wilson, 2013).

Rendahnya tingkat pertumbuhan dan buruknya kualitas rumput laut dapat disebabkan oleh ketidakseimbangan lingkungan yang terjadi pada saat pergantian musim (Msuya, 2007). Sifat fisikokimia seperti arus laut, suhu, pH, dan salinitas berpengaruh terhadap tingkat stres yang cukup tinggi pada rumput laut (Doty, 1987; Mtolera *et al.*, 1995; Largo, 2002; Israel, 2010; Maria, 2014). Hal ini dapat menyebabkan mikroorganisme patogen akan mudah menyerang dan menyebabkan terjadinya penyakit *ice-ice* yang ditandai dengan adanya pemutihan dan fragmentasi *thallus* pada rumput laut lalu mengalami nekrosis (Uyenco *et al.*, 1981; Fresco, 2012).

Penelitian sebelumnya mengenai wabah penyakit *ice-ice* pada rumput laut telah banyak dilakukan namun memiliki kekurangan karena tidak menjelaskan fluktuasi kelimpahan dari mikroba dengan kondisi perairan yang berbeda pada beberapa lokasi budidaya rumput laut. Kondisi perairan dan lokasi budidaya dapat berpengaruh pada pertumbuhan rumput laut dan munculnya penyakit *ice-ice* (Anggadiredja, 2006; WWF, 2014). Pendekatan budidaya berdasarkan kondisi lingkungan perairan optimal perlu dilakukan sehingga diketahui lokasi budidaya yang cocok.

Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dinamika kelimpahan dan karakteristik bakteri yang terdapat pada masing-masing lokasi budidaya rumput laut terkait adanya kemunculan penyakit *ice-ice* dengan adanya perbedaan kondisi lingkungan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari pelaksanaan penelitian ini adalah:

1. Bagaimana dinamika kelimpahan bakteri terkait kemunculan infeksi *ice-ice* pada rumput laut pada bulan Desember 2015 hingga April 2016?
2. Bagaimana karakteristik mikroba pada beberapa lokasi budidaya rumput laut di pulau Madura?

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah yang ditentukan pada penelitian ini adalah:

1. Spesies rumput laut yang digunakan adalah *K. alvarezii* yang terdapat di perairan budidaya rumput laut Saronggi, Lobuk, Talango, dan Palasa pada pulau Madura.
2. Objek yang diteliti adalah dinamika pertumbuhan bakteri melalui metode enumerasi dan karakterisasi bakteri meliputi morfologi, pewarnaan gram negatif dan positif, uji katalase, uji kebutuhan oksigen, dan uji motilitas. Selain itu, penelitian ini juga mengukur sifat fisikokimia, seperti: suhu, salinitas, dan pH.
3. Waktu penelitian dilakukan pada bulan Desember 2015 hingga April 2016 pada rentang siang sampai sore hari setiap sebulan sekali. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Mikrobiologi Biologi ITS Surabaya.

## **1.4 Tujuan**

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah untuk mengetahui dinamika kelimpahan bakteri dan karakteristik mikroba terkait penyakit *ice-ice* yang terdapat pada beberapa

lokasi budidaya rumput laut *K. Alvarezii* dengan perbedaan kondisi perairan.

### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah memberikan informasi khususnya bagi para petani rumput laut dan peneliti mengenai dinamika kelimpahan bakteri pada bulan dan lokasi budidaya yang berbeda dengan karakteristik tertentu sehingga dapat dimanfaatkan untuk penelitian lanjutan dan *treatment* khusus untuk meminimalisir adanya penyakit *ice ice* pada *K. alvarezii*. Upaya ini diharapkan mampu meningkatkan jumlah produksi dan mengetahui lokasi yang cocok untuk budidaya rumput laut.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Rumput Laut (*K. alvarezii*)

Rumput laut atau juga dikenal dengan sebutan *seaweed* merupakan sekelompok alga bentik laut yang hidup pada air tawar atau air payau (Dhargalkar dan Kavlekar, 2004). Salah satu contoh rumput laut ini adalah *K. alvarezii*. Rumput laut jenis ini umumnya terdapat di daerah pasang surut (intertidal) atau pada daerah yang selalu terendam air (subtidal). Selain itu, *K. alvarezii* tumbuh dengan baik di daerah pantai terumbu karena di tempat tersebut persyaratan untuk pertumbuhannya banyak terpenuhi, diantaranya faktor suhu perairan, substrat dan gerakan air. Habitat khasnya adalah daerah yang memperoleh aliran air laut yang tetap, variasi suhu harian yang kecil, dan substrat batu karang mati (Aslan, 2005). Sistematika rumput laut (*K. alvarezii*) menurut Doty (1985) adalah sebagai berikut.

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Rhodophyta
Kelas	: Rhodophyceae
Ordo	: Gigartinales
Famili	: Solieracea
Genus	: Kappaphycus
Spesies	: <i>K. alvarezii</i>

*K. alvarezii* merupakan spesies rumput laut yang banyak dibudidayakan di perairan Indonesia dan dapat ditemukan di Jawa, Bali, Lombok, Sumba, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tengah, Lampung, Kepulauan Seribu, dan Perairan Pelabuhan Ratu (Luning, 1990; Atmadja, 1996). Spesies ini mampu menghasilkan kappa karaginan sekitar 28% (Doty, 1987) sehingga dapat menjadi salah satu sumber utama *phycocolloids* yang berfungsi sebagai penebalan, menstabilkan dan agen pengemulsi (Wilson, 2013). Selain itu rumput laut jenis ini juga ditemukan vitamin C,  $\alpha$ -tocopherol, 25.05–39.67% *dietary fibers*, 12.01–15.53% macromineral (Na, K, Ca, dan Mg),



7.53-71.53 mg. 100 g<sup>-1</sup> *trace mineral* (Fe, Zn, Cu, Se, dan I), 0.29 – 1.11% lipid, dan 20 % protein dalam 9.76% berat kering (Matanjan, 2008). Hal ini menjadikan rumput laut banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari baik dalam bidang industri komestik, makanan, penelitian, kesehatan, tekstil, dan fotografi (Bixler, 1996). Manfaat yang diperoleh selain memberikan keuntungan dibidang perekonomian, budidaya rumput laut juga memberikan kontribusi terhadap ekosistem dengan mengurangi pemanasan global, sebagai kondisioner tanah untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman darat dan sebagai mata pencaharian alternatif bagi penduduk pesisir (Azanza & Ask 2001; Bindu & Levine 2011; Yunque *et al.*, 2011).

Produksi ekstrak kappa karaginan *E. cottonii* di Indonesia cukup besar dengan total produksi sekitar 38% dengan berat mencapai 61.000 ton berat kering pada tahun 2006 (Hurtado, 2007). Namun, adanya infeksi *ice-ice* pada rumput laut akibat perubahan kondisi lingkungan menjadikan produksi karaginan rumput laut mengalami penurunan (Mendoza *et al.*, 2002).

### **2.1.1 Morfologi dan Karakteristik *K. alvarezii***

*K. alvarezii* merupakan tanaman rumput laut (alga merah) yang memiliki tipe percabangan irregular dan tidak memiliki jaringan inti rhizoid (Doty, 1987). *Thallus* dari *K. alvarezii* memiliki permukaan yang licin, axis silindris, *cartilogeneus* (menyerupai tulang rawan/tulang muda), dan percabangannya tidak teratur dengan ujung yang meruncing, bersifat *alternates* (berseling) (Hurtado, *et. al.*, 2008; Ditjenkan Budidaya, 2004; Anggadiredja *et. al.*, 2008). *Thallus* memiliki bentuk yang bervariasi dengan cabang pertama dan kedua tumbuh membentuk rumput laut yang rimbun dengan ciri khusus menghadap ke arah datangnya sinar matahari (Atmadja *et al.*, 1996). Pada saat hidup *K. alvarezii* cenderung berubah warna menjadi hijau hingga kuning dari pada perairan yang dangkal, daerah pantai berbatu menjadi coklat pada kedalaman menengah dan akhirnya merah pada kedalaman lebih. Perubahan warna ini terjadi dikarenakan faktor lingkungan dan merupakan proses adaptasi kromatik yaitu

penyesuaian antara proporsi pigmen dengan berbagai kualitas pencahayaan (Aslan, 2005). Rumput laut jenis ini mampu tumbuh dengan baik pada daerah pantai terumbu (reef) dengan aliran air laut yang tetap dan substrat berbatu (Trono, 1992; Aslan, 1998) dan banyak ditemukan pada daerah pasang surut (intertidal) dan daerah yang selalu terendam air (subtidal) (Atmadja *et. al.*, 1996). Gambar 2.1 menunjukkan morfologi percabangan *K. alvarezii* dalam kondisi sehat.



**Gambar 2.1** (Kiri) (Kanan) Bentuk percabangan *K. alvarezii*

### 2.1.2 Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Pertumbuhan Rumput Laut (*K. alvarezii*)

Faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan rumput laut antara lain adalah: suhu, salinitas, gerakan air, dan pH perairan.

- Suhu

Suhu perairan mempengaruhi laju fotosintesis. Terkait dengan itu, maka suhu sangat mempengaruhi beberapa hal yang terkait dengan kehidupan rumput laut, seperti reproduksi, fotosintesis, pertumbuhan, perkembangan, dan respirasi (Eidman, 1991). Normal persyaratan suhu untuk *K.* adalah antara 25-31 °C (Largo, 1995; WWF, 2014) dengan fluktuasi harian 4°C (Setiyanto *et al.*, 2008). Kenaikan suhu yang tinggi akan mengakibatkan *thallus* rumput laut menjadi pucat dan tidak sehat (Soenardjo, 2003). Pada suhu air yang tinggi, terutama jika disertai

dengan intensitas cahaya yang tinggi akan memicu terjadinya *ice-ice*.

- Salinitas

Di alam *K. alvarezii* tumbuh berkembang dengan baik pada salinitas yang tinggi. Penurunan salinitas akibat masuknya air tawar dari sungai dapat menyebabkan memicu faktor stres dari rumput laut *K. alvarezii*. Salinitas yang cocok untuk pertumbuhan rumput laut berkisar 27-34 ppt (WWF, 2014).

- pH

Keasaman atau derajat pH merupakan salah satu faktor penting dalam kehidupan alga. Kisaran pH maksimum untuk kehidupan organisme laut adalah 7-8,5 (WWF, 2014).

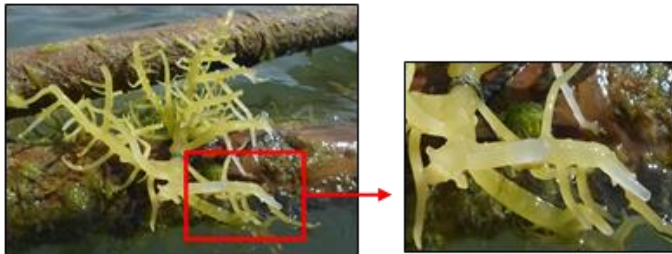
- Arus dan gerakan air

Arus merupakan gerakan mengalir suatu masa air yang dapat disebabkan oleh tiupan angin, perbedaan densitas air laut, dan pasang surut yang bergelombang panjang dari laut terbuka (Nontji, 1987). Arus mempunyai peranan penting dalam penyebaran unsur hara di laut (Nazam, 2004). Arus ini sangat berperan dalam perolehan makanan bagi alga laut karena arus dapat membawa nutrisi yang dibutuhkannya. Selain itu, jika pergerakan air lambat dalam budidaya rumput laut maka beberapa patogen, terutama bakteri, sangat motil dan dapat dengan mudah menyerang permukaan rumput laut sehingga menyebabkan *ice-ice* (Largo *et al.* 1997). Arus juga dapat mengatasi kenaikan air suhu yang ekstrim. Salah satu syarat untuk menentukan lokasi budidaya *K. alvarezii* adalah adanya arus dengan kecepatan 0,33-0,66 m/detik (Sulistijo, 1994).

## 2.2 Penyakit *Ice-ice*

Warna dan tingkat pertumbuhan talus seringkali dianggap sebagai indikasi kesehatan pada rumput laut (Doty, 1987). Morfologi bagian tumbuhan menjadi kuning mengindikasikan

adanya penurunan vitalitas pada rumput laut. Perubahan ini kadang-kadang dihubungkan dengan hasil produksi gel yang tinggi (Neish & Shacklock, 1971). Rumput laut yang terinfeksi *ice-ice* dapat diidentifikasi dengan adanya pemutihan percabangan tanaman kemudian permukaan pembusukan jaringan yang diikuti dengan pelembehan talus atau bagian dari talus (Largo, 2002). Lama kelamaan, rumput laut akan dipenuhi dengan bintik-bintik putih dari jaringan yang mati. Hal ini menyebabkan fragmentasi talus dan menurunnya biomassa rumput laut (Trono, 1974; Uyenco *et al.*, 1981). Rumput laut yang telah terkena penyakit tidak dapat melakukan fotosintesis secara maksimal dan kandungan pigmen akan menurun (Ganzon-Fortes *et al.*, 1993). Gambar 2.2 menunjukkan perbesaran talus rumput yang terserang penyakit *ice-ice* ditandai dengan adanya talus yang mulai memutih dan pucat.



**Gambar 2.2** *Thallus K. alvarezii* yang memutih disebabkan oleh *ice-ice* (Shabrina *et al.*, 2014)

### 2.2.1 Penyebab Penyakit *Ice-ice*

Budidaya *K.* tidak terjadi secara alami dan penyebab *ice-ice* ini tidak selalu dikarenakan oleh tidak cocoknya hidup pada substrat yang tersedia (Doty, 1987). Efek gabungan dari stres dan agen biotik, seperti bakteri patogen oportunistik merupakan faktor utama dalam pengembangan *ice-ice* (Largo *et al.*, 1999). Faktor abiotik ini meliputi adanya perubahan kondisi lingkungan secara tiba-tiba, misalnya perubahan temperatur, salinitas, pH, dan aliran air yang menyebabkan rumput laut menjadi stres (Doty, 1987;

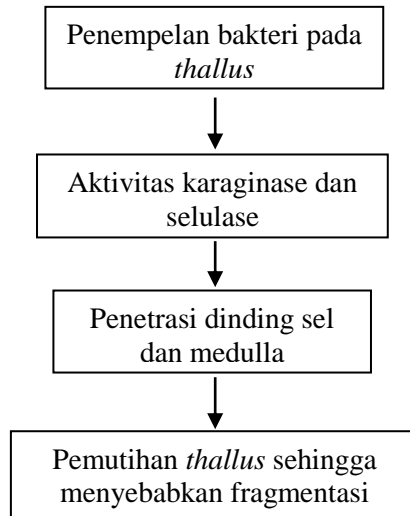
Mtolera *et al.*, 1995; Hurtado, 2008; Israel, 2010; Maria, 2014). Rumput laut dalam kondisi stres akan membebaskan substansi organik yang menyebabkan *thallus* berlendir dan merangsang bakteri tumbuh melimpah (Vairappan, 2006). Kelompok bakteri patogen *Vibrio* dan *Cytophaga-Flavobacterium* merupakan bakteri yang dapat menginduksi *ice-ice* ketika *K.* ditumbuhkan dalam kondisi tercekam (Largo *et al.*, 1995; Hurtado *et al.*, 2013). Selain kedua kelompok bakteri tersebut, bakteri lain seperti *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, dan *Halomonas* ditemukan pada rumput laut yang terserang *ice-ice* (Uyenco *et al.*, 1981). Tipe bakteri penyebab *ice-ice* yang telah diidentifikasi antara lain *V. alginoliticus*, *V. granii*, *V. agarliquefaciens*, *P. nigricaciens*, *P. fluorescens*, *P. cepacia*, *P. diminuta*, dan *Flavobacterium meningosepticum* (Yulianto, 2002; Aris, 2011).

### **2.2.2 Mekanisme Infeksi Penyakit *Ice-ice***

Mekanisme infeksi bakteri pada penyakit *ice-ice* diketahui dari aktivitas *Vibrio* sp yang dapat menempel pada permukaan *thallus* dan memiliki kemampuan untuk menghidrolisis karaginan (Largo, 1999). *Vibrio* merupakan bakteri yang motil karena memiliki flagella (Thompson *et al.*, 2005). Penempelan pada *thallus* oleh adanya flagel ini merupakan faktor penting yang berperan dalam mekanisme infeksi (Largo, 1999). Gambar 2.3 menunjukkan secara skematis tahap-tahap mekanisme infeksi oleh *Vibrio* sp pada penyakit *ice-ice*.

Tahap pertama infeksi ialah penempelan bakteri pada *thallus* dan multiplikasi bakteri untuk mengawali penyakit *ice-ice*. Karaginan merupakan senyawa paling besar yang ditemukan pada matriks dinding sel (Santos, 1989); berdasarkan kemampuan *Vibrio* sp dalam menghidrolisis karaginan melalui aktivitas karaginase, karena itu dinding sel rumput laut dapat dipenetrasi oleh *Vibrio* sp. Selulase juga dimiliki oleh *Vibrio* sp karena *Vibrio* sp dapat mempenetrasi selulosa dinding sel (Trono, 1997). Kloroplas banyak ditemukan pada lapisan sel epidermis rumput laut (Denny dan Gaines, 2007). Aktivitas hidrolitik bakteri menyebabkan degradasi epidermis yang dilanjutkan dengan

rusaknya kloroplas, dan berakhir pada pemutihan thallus rumput laut yang terinfeksi (Solis *et al.*, 2010). Gambar 2.3 merupakan tahap mekanisme infeksi bakteri yang menyebabkan penyakit *ice-ice*.



**Gambar 2.3** Tahap-tahap mekanisme infeksi oleh bakteri pada penyakit *ice-ice* (Shabrina *et al.*, 2014)

## 2.3 Bakteri

Bakteri merupakan mikroba prokariotik yang rata-rata selnya berukuran  $0,5-1 \times 2-5 \mu\text{m}$ , berbentuk elips, bola, batang atau spiral (Pelczar dan Chan, 2005). Bakteri pada umumnya tidak berklorofil, namun ada beberapa yang fotosintetik. Ukuran bakteri bervariasi, biasanya dalam ukuran  $0,5-1,0 \mu\text{m} \times 2,0-5,0$  (Dwidjoseputro, 1985). Mikroorganisme prokariotik ini dapat ditemukan di tanah, air, sumber air panas asam, dan limbah radioaktif. Bakteri juga hidup secara simbiosis maupun parasit dengan tumbuhan dan hewan (Fredrickson *et al.*, 2004). Aktivitas mikroba dipengaruhi oleh faktor lingkungan yang dapat mengakibatkan perubahan sifat morfologi dan fisiologi mikroba.

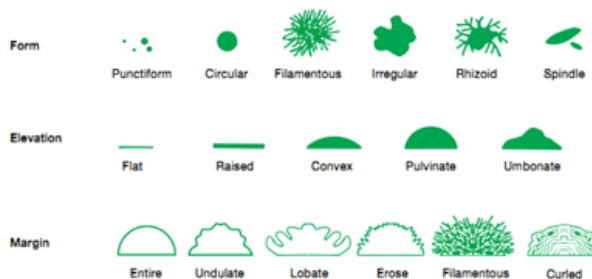
Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri antara lain adalah: nutrisi, suhu, pH, waktu, ketersediaan oksigen, tekanan osmotik, dan kelembaban (Muchtadi dan Betty 1980; Pelczar dan Chan, 1986).

### 2.3.1 Karakteristik Morfologi

Karakter morfologi bakteri meliputi karakter koloni saat tumbuh pada medium agar padat, morfologi sel bakteri saat diamati dengan mikroskop yakni bentuk sel, reaksi uji Gram dan lainnya (Zourob *et al.*, 2008).

#### 2.3.1.1 Koloni

Koloni merupakan sekumpulan sel bakteri dalam jumlah besar pada medium padat yang terlihat oleh mata telanjang sebagai satu kesatuan (Prescott, 2002). Morfologi koloni bakteri meliputi bentuk, elevasi, tepi, dan pigmentasi koloni (Engelkirk dan Duben-Engelkirk, 2008; Zourob *et al.*, 2008). Warna (pigmentasi) koloni dipengaruhi oleh berbagai pigmen yang dihasilkan oleh bakteri (Engelkirk dan Duben-Engelkirk, 2008). Istilah standar untuk mendeskripsikan keseluruhan morfologi bentuk, elevasi, dan tepi koloni dapat dilihat pada Gambar 2.4.

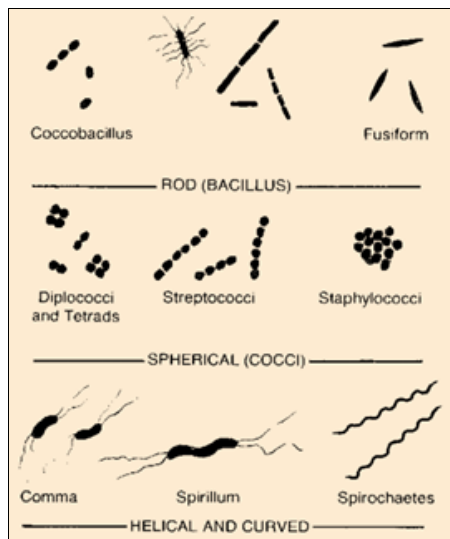


**Gambar 2.4.** Morfologi koloni bakteri (Prescott, 2002)

#### 2.3.1.2 Bentuk sel

Bentuk sel bakteri beragam, mulai dari bulat (*sphere*) hingga batang (*rod*) dan spiral. Gambar 2.5 menunjukkan berbagai macam bentuk sel bakteri. Bentuk sel tersebut dapat dikelompokkan menjadi tiga macam: batang (*rod*), bulat (*sphere*)

dan spiral atau melengkung (*helical* atau *curved*). Bakteri berbentuk batang dapat ditemukan dalam berbagai macam bentuk: memiliki ujung kotak, membulat atau runcing, motil ataupun non-motil. Bakteri berbentuk bulat atau *coccus* dapat ditemukan dalam bentuk tunggal, berpasangan, tetrad, berantai atau pun tidak beraturan. Sedangkan bakteri berbentuk spiral dan melengkung ada yang dalam bentuk spiroseta, spiral atau pun batang melengkung (bengkok) milik kelompok *Vibrio* (Benson, 2001).



**Gambar 2.5.** Morfologi sel bakteri (Benson, 2001)

### 2.3.1.3 Uji Gram

Bakteri dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu Gram positif dan Gram negatif berdasarkan komponen yang menyusun dinding sel. Pengelompokan tersebut berdasarkan kemampuan bakteri dalam mempertahankan warna kristal violet dalam pewarnaan Gram (Benson, 2001). Dinding sel bakteri Gram positif kaya akan peptidoglikan (kompleks protein-gula) yang membuat sel dapat mempertahankan warna ungu kristal violet



saat didekolorisasi. Dinding sel bakteri Gram negatif memiliki konsentrasi lipid (lemak) tinggi yang larut dalam agen dekolorisasi (alkohol, aseton, atau campuran keduanya) dan tercuci bersama kristal violet (Morello *et al.*, 2003).

### **2.3.2 Karakteristik Biokimia**

Bakteri menunjukkan berbagai karakter biokimia yang mencerminkan aspek-aspek metabolisme yang terjadi di dalam sel. Selama metabolisme, beragam substrat digunakan dan berbagai hasil akhir terbentuk. Proses metabolisme dikatalisis oleh suatu sistem enzim yang dikode secara genetis dan spesifik untuk masing-masing individu spesies (Pommerville, 2011). Sehingga karakter biokimia dan juga fisiologis yang diperoleh dari berbagai hasil uji dapat digunakan dalam identifikasi bakteri (Zourob *et al.*, 2008).

Karakteristik biokimia dan fisiologis oleh Zourob *et al.*, (2008) dikelompokkan menjadi tiga kelompok yakni reaksi biokimia cepat, fermentasi karbohidrat dan berbagai karakteristik fisiologis.

#### **2.3.2.1 Reaksi Biokimia Cepat**

Reaksi biokimia menunjukkan keberadaan suatu enzim tunggal atau pun kompleks. Reaksi yang dikatalisis oleh enzim ekstraseluler atau pun permukaan dianalisis dengan mudah dan cepat. Reaksi-reaksi lain bias jadi membutuhkan inkubasi isolat dengan substrat enzim untuk beberapa jam. Kategori ini merupakan reaksi yang dikatalisis oleh katalase, oksidase, nitrat reduktase, amilase,  $\beta$ -galaktosidase, termonuklease, dan urease (Zourob *et al.*, 2008).

### **2.3.3 Enumerasi Bakteri**

Enumerasi adalah teknik perhitungan jumlah mikroba dalam suatu media tanpa mengidentifikasi jenis mikroba yang bertujuan untuk menentukan jumlah sel dari suatu kultur bakteri secara kuantitatif (Rosalia, 2010). Penetapan jumlah bakteri dilakukan dengan menghitung jumlah sel bakteri yang mampu membentuk koloni di dalam media biakan atau membentuk suspensi dalam larutan biak (Schlegel & Schmidt, 1994). Ada

beberapa macam cara untuk mengukur jumlah sel, antara lain dengan hitungan cawan (*plate count*), hitungan mikroskopik langsung (*direct microscopic count*) atau MPN (*Most Probable Number*) (Fardiaz, 1992).

#### **2.3.3.1 Metode Total Plate Count**

*Total Plate Count* (TPC) bertujuan untuk mengetahui jumlah bakteri total yang terdapat dalam produk yang diujikan mengacu pada SNI 01-2332.3-2006 (BSN, 2006).

#### **2.3.3.2 Metode Most Probable Number**

Pengujian Coliform mengacu pada SNI 01-2332.1-2006 (BSN, 2006).

#### **2.3.4 Bakteri Ice-ice**

Tipe bakteri penyebab *ice-ice* yang telah diidentifikasi antara lain adalah: *Vibrio* sp, *Pseudomonas* sp, *Flavobacterium* sp, *Cytophaga* sp (Yulianto, 2002; Aris, 2011)

##### **2.3.4.1 *Vibrio* sp**

*Vibrio* sp merupakan genus dari bakteri Gram-negatif dan memiliki bentuk *curved-rod shape* atau seperti koma (Thompson, 2005; Ryan, 2004; Faruque, 2008). Bakteri ini biasanya ditemukan pada air laut. *Vibrio* sp merupakan bakteri fakultatif anaerob dan positif baik pada uji oksidase maupun katalase (Madigan, 2005). Semua genus dari *Vibrio* sp bersifat motil dan memiliki flagella (Thompson, 2005). Bakteri *Vibrio* sp termasuk jenis bakteri halofit, yaitu dapat tumbuh secara optimum pada salinitas 20-30 ppm, dan alkalofil, yaitu pH optimum berkisar antara 7,5-8,5. Suhu optimum untuk pertumbuhan bakteri *Vibrio* sp berkisar antara 30-35 °C, sedangkan pada suhu 4 °C dan 45 °C bakteri tidak dapat tumbuh dan pada suhu 55 °C akan mati. *Vibrio* sp termasuk bakteri kemoorganotropik (Prajitno, 2005).

##### **2.3.4.2 *Pseudomonas* sp**

Bentuk selnya berupa batang lurus, atau kadang-kadang sedikit melengkung. Diameter koloni 0,5-0,8 µm. Koloni muncul di atas permukaan media NA. Koloni bakteri berwarna kuning, permukaan koloni mengkilat. Termasuk ke dalam bakteri gram negatif, motil dan katalase positif. Kemoorganotrof. Aerob

obligat. Beberapa spesies patogen bagi hewan, manusia, dan tumbuhan (Breed *et al.*, 1957).

#### **2.3.4.3 *Flavobacterium* sp**

Bentuk sel berupa batang. Diameter koloni mulai dari 0,2-2µm. Koloni muncul di atas permukaan media NA. koloni berwarna kuning tua. Habitat pada tanah dan air. Termasuk ke dalam gram negatif. Kebutuhan terhadap oksigen termasuk aerob. Bersifat nonmotil maupun motil, oksidasi positif dan katalase positif. Kemoorganotrof (Breed *et al.*, 1957).

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilaksanakan selama lima bulan pada bulan Desember 2015 hingga bulan April 2016. Lokasi pengambilan sampel air laut dan kondisi fisikokimia lingkungan dilakukan di pulau Madura. Lokasi penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi jurusan Biologi FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

### **3.2 Metode Penelitian**

#### **3.2.1 Pengambilan sampel air dan rumput laut**

Pengambilan sampel air laut dilakukan pada siang hingga sore hari setiap sebulan sekali selama lima bulan yang dimulai dari bulan Desember 2015 hingga April 2016 pada perairan Talango, Palasa, Lobuk, dan Saronggi pada kedalaman hingga 20 cm. Sampel air laut ini diambil sebanyak 300 mL pada masing masing lokasi dan dimasukkan ke dalam botol steril untuk dilakukan enumerasi dan karakterisasi mikroba. Sampel disimpan didalam *cool box*. Lokasi pengambilan sampel dicatat menggunakan GPS (*Global Positioning System*).

#### **3.2.2 Pengukuran kondisi fisikokimia lingkungan**

Parameter fisikokimia lingkungan yang diteliti meliputi suhu, pH, dan salinitas.

- **Suhu.** Suhu perairan laut diukur menggunakan termometer alkohol (Middleton, 2002) pada lokasi pengambilan sampel sesuai dengan SNI 06-6989.23-2005. Pada saat pengukuran suhu air, diawali dengan kalibrasi termometer. Ujung termometer lalu dicelupkan sekitar 15 cm ke dalam permukaan air laut selama 3 menit.
- **pH.** Derajat keasaman (pH) pada sampel air diukur menggunakan pH meter dengan mencelupkan selama beberapa

menit hingga nilai pH keluar pada kolom nilai pada pH meter digital.

- **Salinitas.** Salinitas air laut ditentukan menggunakan *Hand Salino Refractometer*. Sebelum digunakan, alat dikalibrasi terlebih dahulu. Parameter yang menunjukkan bahwa kalibrasi berhasil ialah warna di bawah angka 0 yang dilihat melalui *eye piece* berwarna putih, sementara di atas angka 0 tetap berwarna biru. Setelah dikalibrasi, satu tetes air laut diteteskan pada prisma alat, lalu angka yang tertera pada bagian *eye piece* dilihat. Nilai salinitas yang tertera dicatat dalam satuan promil.

### 3.2.3 Isolasi bakteri

Isolasi bakteri dilakukan dengan menggunakan metode pengenceran bertingkat (*serial dilution*) dan metode tuang (*pour plate*) secara aseptis. Langkah awal dalam isolasi bakteri adalah sampel perairan pada masing-masing daerah dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 9 mL akuades steril sebanyak  $\pm 1$  mL. Tabung reaksi kemudian *divortex* hingga larutan homogen. Tahap ini merupakan pengenceran  $10^{-1}$ . Selanjutnya, 1 mL larutan dari pengenceran  $10^{-1}$  diambil, dimasukkan ke dalam tabung reaksi lain yang berisi 9 mL akuades steril, dan *divortex* kembali hingga homogen. Tahap ini merupakan pengenceran  $10^{-2}$ . Perlakuan ini dilakukan kembali hingga pengenceran  $10^{-3}$ . Sebanyak 1 mL larutan dari pengenceran  $10^{-1}$  hingga  $10^{-3}$  masing-masing diambil dan dituang pada medium yang masih cair (Atlas, 2005) untuk pertumbuhan bakteri dengan metode tuang. Inokulum kemudian diratakan dengan memutar cawan petri membentuk angka delapan pada bidang datar dan dibiarkan hingga padat. Kultur biakan bakteri kemudian diinkubasi selama 24-48 jam pada suhu ruang (Lamid *et al.*, 2011).

### 3.2.4 Enumerasi bakteri

Koloni bakteri yang tumbuh setelah inkubasi kemudian dihitung dalam satuan *colony forming units* (CFUs) menggunakan rumus perhitungan sel relatif (CFU/mL) sebagai berikut:

$$CFU = \text{Jumlah koloni} \times \frac{1}{\text{faktor pengenceran}}$$

(Haryanti, 2014).

### 3.2.5 Pemurnian bakteri

Koloni bakteri yang tumbuh selanjutnya dipilih berdasarkan perbedaan karakter koloni dan pigmentasi yang beragam. Koloni bakteri hasil seleksi dimurnikan dengan metode gores (*streak plate*) (Madigan *et al.*, 2012) dengan cara sebagai berikut:

- a) Satu koloni tunggal isolat bakteri diambil secara aseptis dengan jarum ose dan diinokulasikan ke permukaan medium dengan metode 16 goresan.
- b) Isolat bakteri diinkubasi selama 24-48 jam pada suhu ruang.
- c) Satu koloni yang tumbuh diambil dan dipindahkan kembali ke medium baru dengan metode 16 goresan.
- d) Pemindahan koloni isolat bakteri dilakukan sebanyak 3 kali.

Untuk mengetahui setelah 3 kali pemindahan telah didapatkan isolat murni, maka dilakukan pengamatan bentuk sel secara mikroskopis. Isolat murni merupakan isolat yang hanya terdiri dari satu spesies, sehingga bila pada pengamatan bentuk sel telah didapatkan bentuk sel yang sama, maka isolat murni telah didapatkan. Isolat murni bakteri yang telah didapatkan kemudian ditumbuhkan dalam medium padat miring (*slant agar*) secara duplo. Satu tabung disimpan sebagai sediaan biakan dalam lemari pendingin dengan suhu 4°C, sementara tabung lainnya untuk karakterisasi.

### 3.2.6 Karakterisasi bakteri

Karakterisasi fenotipik bakteri dilakukan dengan pengamatan makroskopis, mikroskopis, dan uji biokimia.

**Pengamatan makroskopik** adalah pengamatan bentuk pertumbuhan koloni pada medium padat. Pengamatan makroskopik bakteri meliputi (Prescott, 2002):

- a) Bentuk koloni (dilihat dari atas);
- b) Permukaan koloni (dilihat dari samping); dan
- c) Tepi koloni (dilihat dari atas).

**Pengamatan mikroskopik** dilakukan untuk mengetahui morfologi, pola, dan susunan sel. Pengamatan mikroskopik bakteri ini adalah pewarnaan Gram dan bentuk sel bakteri.

a. Pewarnaan gram dilakukan dengan cara Gelas objek dibersihkan dengan alkohol 70% dan diberi aquades, kemudian dipanaskan di atas nyala api. Diambil secara aseptik 1 ose biakan bakteri, diratakan pada kaca objek dan difiksasi di atas nyala api. Kemudian ditetesi dengan larutan kristal violet, dan didiamkan selama 1 menit, lalu dicuci dengan akuades mengalir dan dikeringkan. Selanjutnya ditetesi dengan larutan yodium dan dibiarkan selama 1 menit, lalu dicuci dengan akuades mengalir dan dikeringkan. Kemudian dicuci dengan aseton alkohol selama 30 detik, dicuci dengan akuades mengalir dan dikeringkan. Setelah itu ditetesi dengan larutan safarin atau zat penutup dan didiamkan selama 2 menit, kemudian dicuci dengan akuades mengalir dan dikeringkan. Selanjutnya diamati dengan menggunakan mikroskop. Indikasi pewarnaannya yaitu bakteri gram positif akan berwarna violet dan bakteri gram negatif akan berwarna merah. Diamati pula bentuk dari sel bakteri tersebut apakah bulat (coccus), batang (basil), maupun bergelombang (spiral) (Jutono *et al.*, 1973).

b. Uji Katalase dilakukan dengan cara biakan murni diinokulasi ke dalam masing-masing tabung medium NA miring dan satu tabung untuk kontrol. Diinkubasi selama 48 jam. Setelah diinkubasi pada masing-masing tabung ditambahkan 2-3 tetes larutan  $\text{H}_2\text{O}_2$  3% pada permukaan media, jika terjadi reduksi  $\text{H}_2\text{O}_2$  akan terlihat adanya gelembung  $\text{O}_2$  di sekeliling pertumbuhan bakteri.

c. Uji motilitas dilakukan dengan cara masing-masing isolat bakteri diinokulasi pada medium SSM (*Semi Solid Medium*) pada tabung reaksi secara aseptik dan tusukan pada agar tegak kemudian diinkubasi pada suhu  $37^\circ\text{C}$  selama 24-48 jam. Uji akan

bernilai positif ditunjukkan dengan melebarnya bekas tusukan pada media yang merupakan indikasi bakteri tersebut bersifat motil (Lamid *et al.*, 2011).

**Pengamatan uji biokimia** yang dilakukan adalah uji kebutuhan oksigen (Prescott, 2002).

a. Uji kebutuhan oksigen dilakukan dengan cara masing-masing isolat diinokulasi pada medium NB, kemudian diinkubasi selama 24-48 jam pada suhu 37°C. Diamati sifat pertumbuhan bakteri pada medium NB. Bakteri anaerob akan tumbuh mengelompok pada dasar medium, bakteri anaerob fakultatif akan tumbuh tersebar di seluruh medium, bakteri mikroaerofil akan tumbuh mengelompok sedikit di bawah permukaan medium, sedangkan bakteri aerob akan tumbuh pada permukaan medium.

b. Uji TSIA dilakukan dengan mengisolasi isolat bakteri menggunakan jarum ose dari media biakan ke dalam TSIA agar. Diinkubasikan pada suhu 25 – 30°C selama 24 jam. Uji dikatakan positif jika terjadi perubahan warna pada tempat sekitar tusukan. H<sub>2</sub>S dikatakan positif jika terbentuk warna hitam, media yang pecah menunjukkan terbentuknya gas (Lamid *et al.*, 2011).

### 3.2.7 Deteksi Keberadaan Bakteri Koliform

Metode MPN dengan uji dugaan (*presumptive*) dilakukan dengan mempersiapkan 3 kelompok tabung reaksi dengan masing-masing kelompok terdiri atas 3 tabung reaksi yang di dalamnya terdapat tabung Durham dengan posisi terbalik. Kelompok tabung reaksi pertama berukuran 2 x 20 cm dan berisi 10 mL medium *double-strength lactose broth* (DSL<sub>B</sub>), sementara dua kelompok tabung reaksi sisanya berukuran 1,6 x 16 cm dan berisi 10 mL medium *single-strength lactose broth* (SSL<sub>B</sub>). Dengan menggunakan pipet, 10 mL sampel air laut dimasukkan ke dalam masing-masing tiga tabung reaksi pada kelompok pertama. Lalu, 1 mL sampel air laut dimasukkan ke dalam masing-masing tiga tabung reaksi pada kelompok kedua. Kemudian pengenceran 1:10 dilakukan dengan memasukkan 1 mL sampel air laut ke dalam tabung reaksi berisi 9 mL akuades



steril lalu divortex hingga homogen. Dengan menggunakan pipet yang lain, 1 mL sampel air laut yang telah diencerkan tersebut dimasukkan ke dalam tabung reaksi kelompok ketiga. Inkubasi dilakukan pada suhu 37°C selama 24-48 jam. Indikator positif adanya bakteri koliform ialah terbentuknya gelembung dalam tabung Durham. Jumlah hasil positif untuk tiap kelompok tabung kemudian dicocokkan dengan tabel MPN untuk mendapatkan perkiraan jumlah bakteri koliform dalam sampel (Oblinger dan Koburger, 1975)

### **3.2.8 Analisis Data**

Data yang diperoleh merupakan dinamika pertumbuhan dan karakteristik bakteri pada perairan tertentu terkait kemunculan penyakit *ice-ice* dengan adanya perubahan kondisi lingkungan. Analisis data ini dijelaskan secara deskriptif dengan menginterpretasikan dalam bentuk gambar, tabel, dan grafik. Aplikasi *Multivariate Statistical Process Control* digunakan sebagai bantuan untuk mengetahui similaritas karakter isolat bakteri terkait kemunculan penyakit *ice-ice*.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Karakteristik Bakteri pada Lokasi Budidaya Rumput Laut yang Berbeda**

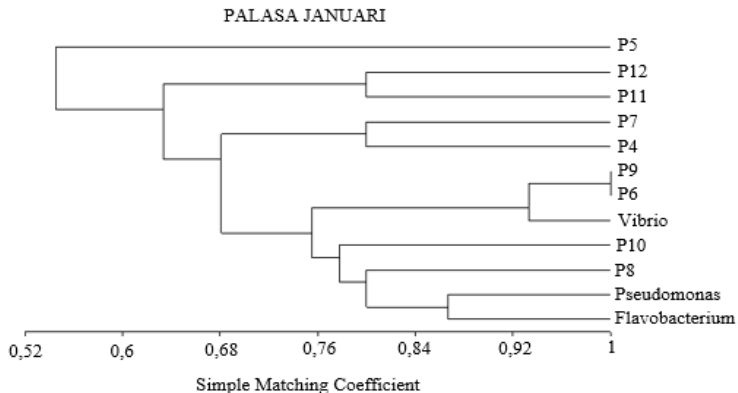
Sebanyak 80 isolat bakteri yang didapatkan dari hasil penelitian di perairan Palasa, Talango, Saronggi, dan Lobuk pada bulan Desember 2015 sampai April 2016 telah dianalisis karakter fenotipik dan sifat biokimianya. Hasil pengamatan disajikan dalam Lampiran 2.

Berdasarkan hasil penelitian (Lampiran 2.), secara umum bakteri yang ditemukan di perairan Palasa, Talango, Saronggi, dan Lobuk hampir semuanya merupakan bakteri gram negatif yang memiliki kemampuan motil yaitu sebanyak 70 hingga 99% di perairan dan lebih dari 50% isolat bakteri terbukti positif pada uji katalase. Bakteri yang mampu memicu penyakit *ice-ice* sering ditemukan memiliki karakteristik Gram negatif dan motil (Largo *et al.*, 1995; Nurjanna, 2008; Shabrina *et al.*, 2015; Achmad *et al.*, 2016). Sebagai catatan, beberapa karakter fenotipik melalui uji biokimia dari genus bakteri penyebab *ice-ice* dapat berbeda apabila merujuk ke tingkat spesiesnya, sebagai contoh mampu menghasilkan laktosa dan sukrosa serta hidup pada keadaan aerob maupun fakultatif anaerob (Jason, 2004; Reynolds, 2009).

Berdasarkan karakter tersebut selanjutnya dilakukan analisis secara deskriptif dengan metode UPGMA dan dijabarkan ke dalam bentuk dendrogram untuk menggambarkan Indeks Similaritas/kemiripan kekerabatan antara bakteri yang diisolasi dengan bakteri acuan yaitu *Flavobacterium* sp, *Pseudomonas* sp, dan *Vibrio* sp yang merupakan bakteri penyebab penyakit *ice-ice* (Uyenco *et al.*, 1981; Largo *et al.*, 1995; Anggadiredja *et al.*, 2006; Nurjanna, 2008).

Hubungan similaritas suatu isolat mikroba dapat diketahui dengan melihat garis yang tersambung antar isolat mikroba lainnya. Semakin dekat hubungan suatu mikroba, maka karakter yang dimilikinya juga akan sama (Heritage *et al.*, 1996).

Berdasarkan konsep takso spesies, jika indeks similaritas yang dimiliki antar mikroba  $\geq 70\%$  maka mikroba tersebut dapat dikatakan merupakan spesies yang sama (Priest dan Austin, 1993). Hubungan similaritas yang telah didapatkan dapat dilihat pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1.** Dendrogram keeratan kekerabatan/similaritas antara isolat bakteri yang diisolasi dengan isolat bakteri terkait kemunculan penyakit *ice-ice* di perairan Palasa pada Januari 2016.

Berdasarkan Gambar 4.1 hasil dendrogram diketahui bahwa isolat P5, P12, P11, P7, dan P4 memiliki kemiripan kekerabatan dengan genus *Vibrio* dengan nilai koefisien  $> 0.52$ . Isolat P9 dan P6 memiliki kemiripan kekerabatan tinggi dengan genus *Vibrio* dengan nilai koefisien  $> 0.92$ . Isolat P10 dan P8 memiliki kemiripan kekerabatan dengan genus *Flavobacterium* dan *Pseudomonas* dengan nilai koefisien  $> 0.76$ . Dengan demikian berdasarkan hasil dendrogram dan nilai koefisien korelasi pearson dapat disimpulkan bahwa isolat bakteri P6, P8, P9, dan P10 yang diisolasi dari perairan Palasa pada Januari 2016 memiliki keeratan hubungan dengan bakteri terkait kemunculan penyebab *ice-ice*.

Adanya kemiripan yang tinggi antara isolat bakteri yang diisolasi dengan bakteri terkait kemunculan penyebab *ice-ice*

menunjukkan isolat bakteri berpeluang besar menimbulkan penyakit *ice-ice* pada rumput laut. Isolasi bakteri terkait dengan kemunculan penyakit *ice-ice* yang dilakukan dalam interval 1 bulan di beberapa lokasi tercantum pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1.** Keberadaan isolat bakteri air laut yang ditemukan pada lokasi yang berbeda

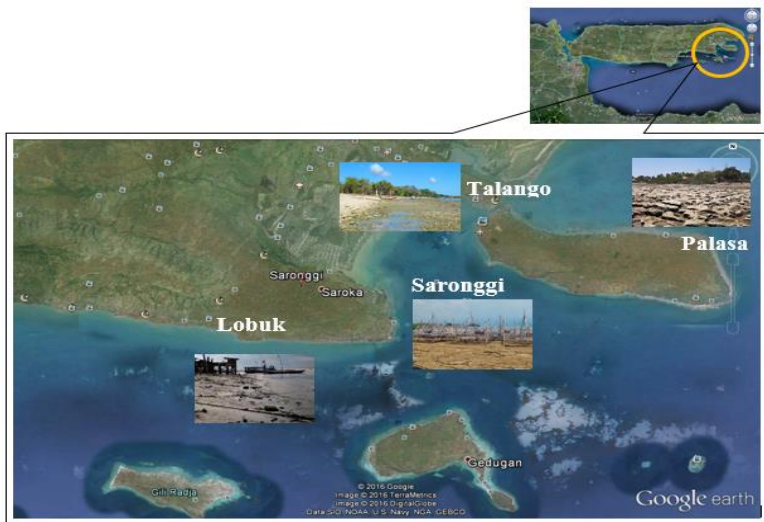
	Palasa	Talango	Saronggi	Lobuk
Des-15	P3 (N) P1, P2 (T) $\Sigma(T) = 2$	T1, T2, T3, T5 (N) T4 (T) $\Sigma(T) = 1$	S1, S2 (N) S3, S4, S5, S6 (T) $\Sigma(T) = 4$	L2, L3, L4 (N) L1 (T) $\Sigma(T) = 1$
Jan-16	P4, P5, P7, P11, P12 (N) P6, P8, P9, P10 (T) $\Sigma(T) = 4$	- (N) P6 (T) $\Sigma(T) = 1$	S7, S9 (N) S8 (T) $\Sigma(T) = 1$	- (N) L5, L6, L7 (T) $\Sigma(T) = 3$
Feb-16	P13, P15, P16 (N) P14, P17 (T) $\Sigma(T) = 2$	T7, T9 (N) T8 (T) $\Sigma(T) = 1$	S14 (N) S10, S11, S12, S13, S15 (T) $\Sigma(T) = 5$	L8, L9 (N) - (T) $\Sigma(T) = 0$
Mar-16	P19, P24 (N) P18, P20, P21, P22, P23 (T) $\Sigma(T) = 5$	- (N) T10, T11, T12 (T) $\Sigma(T) = 3$	S16, S17, S18, S20 (N) S19 (T) $\Sigma(T) = 1$	L11, L12 (N) L10 (T) $\Sigma(T) = 1$
Apr-16	- (N) P25, P26, P27, P28 (T) $\Sigma(T) = 4$	T15, T17 (N) T13, T14, T16 (T) $\Sigma(T) = 3$	- (N) S21 (T) $\Sigma(T) = 1$	L13 (N) L14 (T) $\Sigma(T) = 1$

Ket: (N): isolat bakteri bukan terkait kemunculan penyakit *ice-ice*;

(T): isolat bakteri terkait kemunculan penyakit *ice-ice*

Tabel 4.1. menunjukkan bahwa isolat bakteri yang memiliki similaritas dengan bakteri terkait kemunculan penyakit *ice-ice* sering ditemukan di perairan Palasa dan Saronggi. Jumlah bakteri pada bulan Desember 2015 hingga April 2016 di perairan desa Palasa dan Saronggi adalah sebanyak 17 dan 12 jenis. Hal ini disebabkan karena kondisi suhu dan salinitas yang sesuai untuk pertumbuhan bakteri tersebut (Gambar 4.5. (a) dan (b)). Suhu perairan desa Palasa menjadi turun sekitar 2°C tiap bulan

dari Desember 2015 hingga Februari 2016. Namun pada bulan April 2016 suhu perairan desa Palasa naik menjadi 31°C. Begitu pula dengan kondisi di perairan Saronggi yang serupa dan dapat ditemukan cukup banyak bakteri terkait kemunculan penyakit *ice-ice*. Hal ini disebabkan oleh kondisi suhu yang terus turun hingga 31°C pada bulan Februari 2016 dan naik kembali menjadi 33°C pada bulan Maret 2016. Bakteri Gram negatif memiliki struktur dinding sel yang mengandung peptidoglikan dan lipopolisakarida untuk melindungi sel sehingga mampu bertahan terhadap perubahan kondisi lingkungan (Yulvizar, 2013). Kedua bakteri tersebut mempunyai toleransi terhadap perubahan suhu tetapi sensitif pada suhu tinggi (Pelczar, 1986). Selain itu, *Pseudomonas* dan *Vibrio* termasuk ke dalam kelompok bakteri halotoleran yang mampu hidup pada kisaran salinitas tinggi (Ruyitno, 1984). Keragaman bakteri pada keempat lokasi budidaya tersebut juga dapat dikorelasikan dengan kondisi geografis perairannya. Pengamatan karakteristik perairan di lokasi penelitian disajikan pada Gambar 4.2.

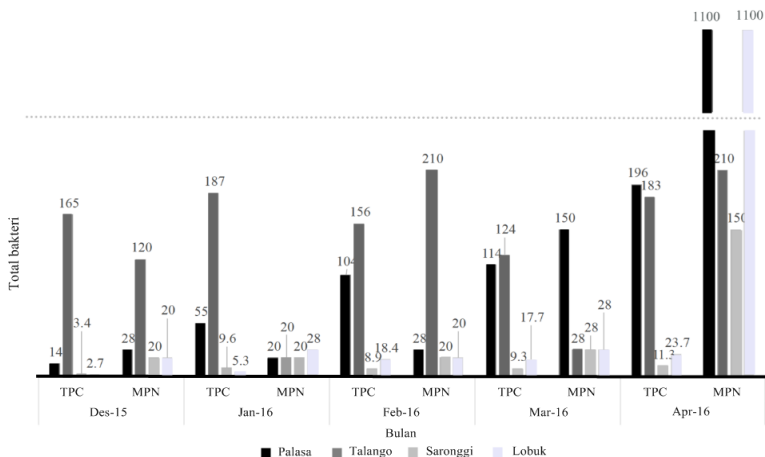


**Gambar 4.2.** Peta lokasi budidaya rumput laut

Lokasi budidaya rumput laut di desa Palasa terletak di sebelah timur pulau Poteran dan berada dekat dengan perairan bebas. Kecepatan arus di perairan Palasa adalah 7,9 hingga 18,06 cm/s dan bergerak menuju timur. Hal ini menyebabkan partikel-partikel dan mikroorganisme yang dibawa oleh arus dari arah barat terkumpul di perairan Palasa. Selain itu, rentang kecepatan arus tersebut kurang sesuai untuk pertumbuhan rumput laut. Arus yang lambat dapat menyebabkan kemungkinan distribusi nutrisi menjadi terganggu sehingga terjadi peningkatan jumlah bakteri patogen penyebab penyakit *ice-ice* pada lokasi budidaya rumput laut (Arisandi, 2013).

#### 4.2 Dinamika Kelimpahan Bakteri pada Lokasi Budidaya Rumput Laut yang Berbeda

Kelimpahan bakteri berdasarkan *Total Plate Count* atau TPC pada bulan Desember 2015 sampai April 2016 di perairan Palasa, Talango, Saronggi, dan Lobuk dapat dilihat pada Gambar 4.3.



**Gambar 4.3** Perhitungan total bakteri dan MPN pada bulan Desember 2015-April 2016

*Ket:* TPC:  $10^3$  CFU/mL; MPN: koloni/100 mL.

Gambar 4.3 menunjukkan dinamika kelimpahan bakteri di perairan desa Talango pada bulan Desember 2015 sampai April 2016 fluktuatif dengan total peningkatan jumlah bakteri pada bulan Januari sebesar  $22 \times 10^3$  CFU/mL dan mengalami penurunan jumlah bakteri sebesar  $30 \times 10^3$  CFU/mL pada bulan Februari dan Maret 2016. Sementara pada bulan April 2016 mengalami peningkatan jumlah bakteri secara drastis hingga  $59 \times 10^3$  CFU/mL. Total bakteri di perairan desa Palasa selalu meningkat namun peningkatan jumlah bakteri di perairan tersebut tidak selalu sama yaitu sebesar  $40 \times 10^3$  CFU/mL pada bulan Januari dan Februari 2016,  $10 \times 10^3$  CFU/mL pada bulan Maret 2016 dan  $82 \times 10^3$  CFU/mL pada bulan April 2016. Dinamika kelimpahan bakteri di perairan desa Saronggi dan Lobuk ini fluktuatif namun total kelimpahan bakteri relatif sedikit dibandingkan perairan desa Palasa dan Talango yaitu sebesar  $2,7 - 23,7 \times 10^3$  CFU/mL.

Kelimpahan bakteri di perairan desa Talango dan Palasa yang cukup tinggi dapat disebabkan karena kandungan senyawa organik besar dan kondisi lingkungan sesuai untuk pertumbuhan mikroorganisme (Denny, 2007; Hadioetomo, 1993). Kelimpahan bakteri dan jumlah total senyawa organik yang tinggi ini dimungkinkan berasal dari kotoran manusia oleh warga sekitar. Hal ini didukung dengan adanya jumlah total bakteri koliform yang juga relatif tinggi. Total bakteri koliform di perairan desa Palasa pada bulan April 2016 sangat tinggi yaitu sebesar 1100 koloni/100mL. Angka tersebut berada di atas baku mutu kadar maksimum total koliform yang diperbolehkan ada di perairan laut untuk budidaya yakni 0-1000 koloni/100mL (Faghri *et al.*, 1984; Sutiknowati, 2011).

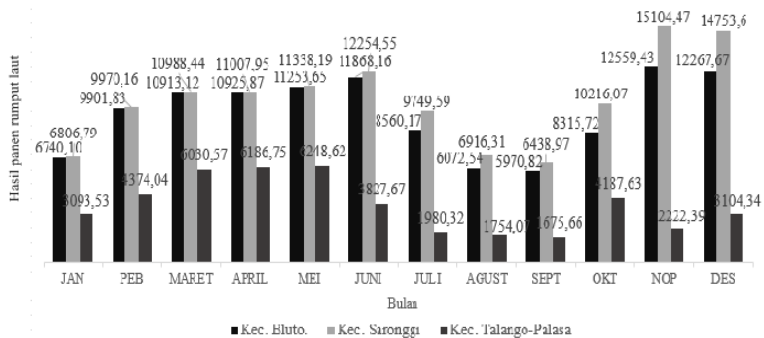
Selain itu tingginya kelimpahan bakteri disebabkan oleh adanya buangan limbah domestik (rumah tangga) di perairan laut. Limbah domestik yang dibuang ke perairan akan menyebabkan adanya cemaran oleh patogen dan jumlah nutrisi baik senyawa organik maupun anorganik menjadi meningkat (Davis & Cornwell, 1991; Sutiknowati, 2013). Penyusun utama senyawa organik dari limbah domestik dapat berupa polisakarida,

polipeptida, lemak, dan asam nukleat (Soeparman, 2001) yang digunakan mikroba sebagai sumber karbon bagi pertumbuhan dan memperbanyak sel (Muharni, 2007; Suryanto *et al.*, 2011).

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat diketahui pula bahwa hasil analisis TPC berkaitan nilai MPN yang menunjukkan adanya hubungan antara total kelimpahan bakteri keseluruhan dengan total bakteri koliform. Munculnya bakteri koliform tersebut menunjukkan adanya patogen lain yang mampu meningkatkan potensi infeksi penyakit pada lokasi budidaya (Sutiknowati, 2013).

Total kelimpahan bakteri yang semakin tinggi pada lokasi budidaya rumput laut akan meningkatkan potensi penyakit *ice-ice* lebih tinggi (Nurjanna, 2008). Hal ini ditunjukkan oleh jumlah hasil panen rumput laut yang lebih sedikit di perairan Talango dan Palasa dibandingkan pada perairan Saronggi-Lobuk pada bulan Desember 2015 melalui Gambar 4.4. Menurut (Vairappan *et al.*, 2008) adanya kemunculan penyakit *ice-ice* dapat berakibat pada penurunan hasil panen rumput laut berkisar 70-100%. Serangan penyakit *ice-ice* terhadap rumput laut mengalami peningkatan seiring dengan adanya infeksi dan meningkatnya aktivitas bakteri patogen dalam mensekresikan faktor-faktor virulensinya (Aris, 2011). Namun munculnya penyakit *ice-ice* pada penelitian ini tidak dapat dikorelasikan dan dibandingkan secara langsung melalui jumlah hasil panen rumput laut di lokasi budidaya yang berbeda. Hal ini disebabkan karena jumlah penanaman bibit awal tidak selalu sama pada tiap lokasi. Petani cenderung melakukan penanaman rumput laut di perairan desa Saronggi dan Lobuk karena pengalaman hasil panen yang selalu bagus di lokasi tersebut. Selain itu, data jumlah hasil panen rumput laut yang digunakan hanya pada bulan Desember 2015 saja karena selama bulan Januari hingga April 2016 terdapat beberapa lokasi budidaya yang tidak melakukan aktivitas penanaman rumput laut. Hal ini disebabkan dengan buruknya kualitas hasil panen dan menurunnya harga jual rumput laut.



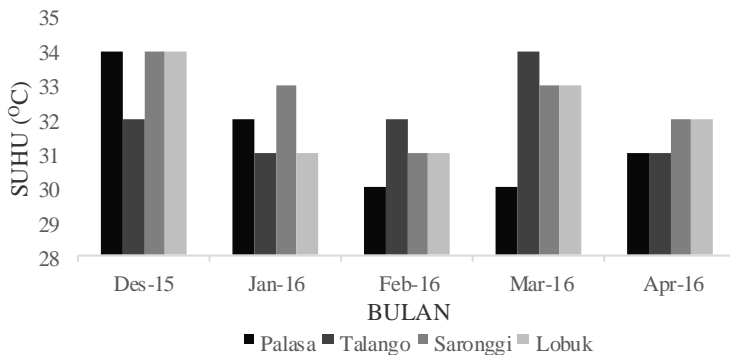


**Gambar 4.4.** Data sekunder hasil panen rumput laut tahun 2015 (DKP, 2015)

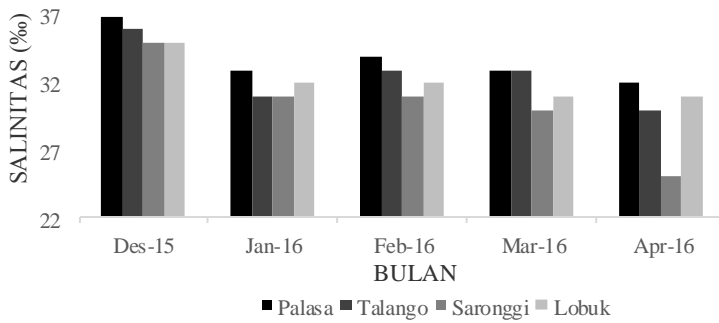
*Ket:* Berat hasil panen dalam satuan ton.

#### 4.3 Korelasi kondisi lingkungan lokasi budidaya rumput laut dengan kemungkinan kemunculan penyakit *ice-ice*

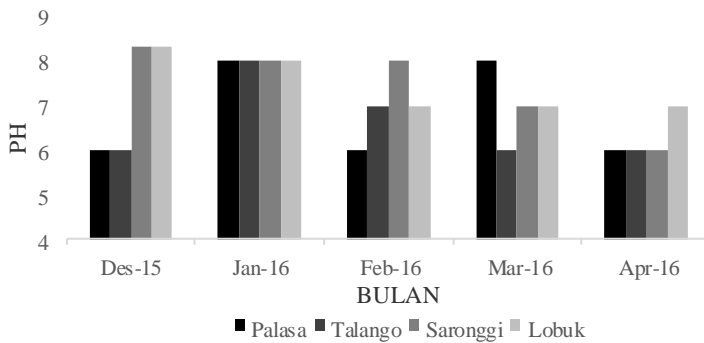
Pengamatan kualitas perairan laut selama 5 bulan di perairan desa Palasa, Talango, Saronggi, dan Lobuk ditunjukkan melalui Gambar 4.5.



**Gambar 4.5. (a)** Faktor suhu lingkungan perairan pada lokasi perairan budidaya rumput laut yang berbeda



**Gambar 4.5. (b)** Faktor salinitas lingkungan perairan pada lokasi perairan budidaya rumput laut yang berbeda



**Gambar 4.5. (c)** Faktor pH lingkungan perairan pada lokasi perairan budidaya rumput laut yang berbeda

Faktor lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan rumput laut dapat dilihat pada tabel 4.2.

**Tabel 4.2.** Faktor lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan rumput laut

Lokasi	Rata-rata suhu (°C)	Rata-rata salinitas (‰)	Rata-rata pH
Kondisi budidaya RL	26-32 (WWF, 2014)	27-34 (WWF, 2014)	7-8,5 (WWF, 2014)

Pengamatan kualitas perairan laut selama lima bulan menunjukkan bahwa nilai salinitas dan pH yang terukur masih dalam kondisi yang baik untuk aktivitas budidaya. Namun nilai suhu yang terukur selama pengamatan terlalu tinggi untuk kondisi pertumbuhan rumput laut yaitu 31-34°C. Suhu perairan yang terlalu tinggi ini akan menyebabkan pertumbuhan rumput laut menjadi terhambat. Secara prinsip suhu yang tinggi dapat menyebabkan protein mengalami denaturasi, serta dapat merusak enzim, dan membran sel yang bersifat labil terhadap suhu yang tinggi (Dawes, 1981). Perubahan kondisi lingkungan yang dapat menyebabkan stres pada rumput laut merupakan faktor primer munculnya penyakit *ice-ice* (Largo *et al.*, 1995). Pada keadaan stress, rumput laut akan membebaskan substansi organik yang menyebabkan talus berlendir dan merangsang bakteri tumbuh melimpah (Largo *et al.*, 1995).

Kondisi kecepatan arus di perairan Palasa adalah 7,9 hingga 18,06 cm/s. Pergerakan arus yang lambat dapat meningkatkan suhu air laut dan menurunkan sirkulasi nutrisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan rumput laut air laut (WWF, 2014; Largo, 2000; Nazam, 2004). Kondisi arus yang baik untuk melakukan budidaya rumput laut adalah 20-40 cm/detik (Winarno, 1996). Selain itu lokasi budidaya rumput laut di perairan Palasa (Gambar 4.2) memiliki tipe dasar perairan yang didominasi oleh campuran batu karang dan lumpur, serta terdapat padang lamun disekitarnya disertai pergerakan arus yang minim jika dibandingkan dengan standar kualitas perairan untuk aktivitas budidaya rumput laut. Perairan laut dengan substrat berlumpur kurang sesuai untuk aktivitas budidaya rumput laut karena dapat

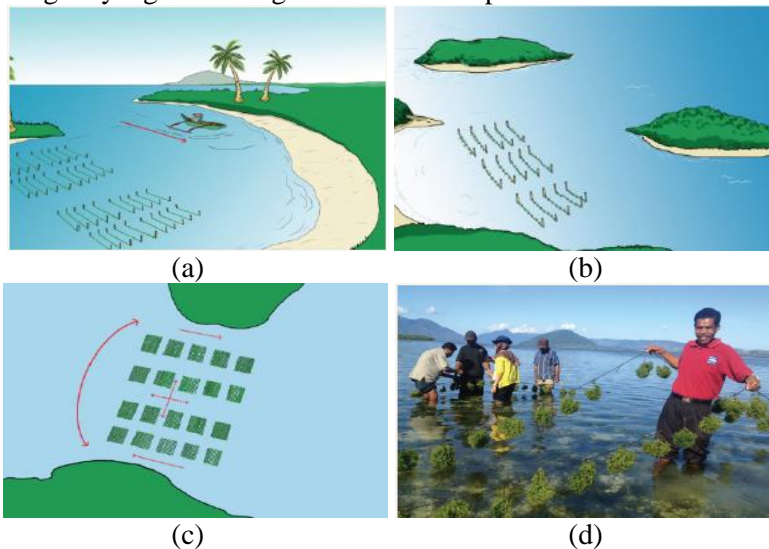
menyebabkan lumpur mudah menempel pada talus (WWF, 2014; Largo, 2000). Kondisi dasar perairan yang berlumpur akan mengurangi adanya penetrasi cahaya ke dalam air laut sehingga menyebabkan aktivitas fotosintesis pada rumput laut menjadi terganggu. Menurut (Lombardi *et al.*, 2006) faktor kecerahan mempengaruhi pertumbuhan rumput laut karena sedimen atau pasir yang menempel pada rumput laut akan menghalangi penetrasi cahaya matahari yang dibutuhkan untuk fotosintesis.

Perairan desa Talango (Gambar 4.2) memiliki tipe dasar perairan yang berpasir. Kecepatan arus di perairan Talango tidak jauh berbeda dengan di perairan Palasa. Kedua lokasi tersebut menggambarkan kondisi lingkungan perairan yang kurang cocok untuk aktivitas budidaya rumput laut. Kondisi lingkungan perairan yang tidak mendukung pertumbuhan dapat menyebabkan rumput laut menjadi terhambat dan stres. Rumput laut dalam kondisi immunosupresi atau stres dapat dengan mudah terserang mikroorganisme karena sifat bakteri terkait penyakit *ice-ice* adalah patogen oportunistik (Largo, 2000; Egan, 2014). Selain itu nilai salinitas pada perairan Palasa dan Talango cukup tinggi dengan tidak adanya aliran sungai (Gambar 4.5). Aliran air dari muara sungai diperlukan untuk mengatasi peningkatan salinitas yang cukup tinggi (Nybakken, 1988).

Lokasi budidaya rumput laut di desa Saronggi (Gambar 4.2) memiliki tipe dasar perairan berpasir dan cukup dekat dengan muara sungai. Perairan desa Saronggi memiliki letak yang cukup baik dengan adanya pulau Gili Genting sehingga mampu mengurangi arus besar dari tengah laut. Arus yang cukup dari tengah laut dapat meminimalisir adanya infeksi oleh bakteri tanpa merusak talus rumput laut. Hal ini menjadikan perairan desa Saronggi dikatakan sebagai lokasi minapolitan untuk budidaya rumput laut dengan hasil panen yang cukup tinggi. Perairan terlindung dari ombak kuat yang dapat merusak konstruksi budidaya dan tanaman rumput laut merupakan kondisi lingkungan perairan yang cocok untuk melakukan aktivitas budidaya rumput laut (WWF, 2014).

Tipe dasar perairan Lobuk (Gambar 4.2) adalah batuan karang mati dengan adanya sedikit lumpur. Selain itu di dekat pantai terdapat industri yang terkadang membuang limbahnya ke perairan laut. Hal ini dapat menyebabkan peningkatan bakteri patogen terkait kemunculan penyakit *ice-ice*. Apabila arus dari tengah laut tidak cukup besar maka dapat dimungkinkan bakteri patogen akan terus berkembang dan menyebabkan potensi penyakit *ice-ice* semakin meningkat. Lokasi perairan Lobuk ini masih dapat dikatakan baik sebagai lokasi budidaya rumput laut dengan adanya arus yang cukup besar untuk menurunkan jumlah bakteri terkait kemunculan penyakit *ice-ice* pada rumput laut.

Berdasarkan WWF (2014) perairan yang sesuai untuk budidaya rumput laut adalah di daerah teluk, selat, dan laut dangkal yang terlindung dari arus kuat seperti Gambar 4.6.



**Gambar 4.6.** Perairan teluk (a); Perairan dangkal terlindung (b); Perairan selat untuk budidaya rumput laut (c); Perairan dangkal terlindung (d) untuk budidaya rumput laut (WWF, 2014).

Berdasarkan Gambar 4.6 kondisi lingkungan perairan yang sesuai untuk pertumbuhan rumput laut berada di perairan

Saronggi karena lokasi desa Saronggi berada di antara pulau kecil sehingga mampu mengurangi adanya ombak yang terlalu besar dan kualitas perairannya cukup mendukung secara kondisi fisik maupun kimia yang stabil. Selain itu, jumlah kelimpahan bakteri relatif cukup sedikit dan jauh dari buangan limbah domestik maupun limbah pabrik. Oleh karena itu, penanaman rumput laut lebih baik dilakukan di perairan Saronggi untuk meningkatkan jumlah produksi rumput laut. Namun, penanaman rumput laut tetap dapat dilakukan di perairan manapun dengan meminimalisir adanya buangan limbah domestik maupun industri dan kondisi fisikikimia lingkungan yang sesuai untuk budidaya.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

**Lampiran 1.** Hasil karakterisasi bentuk koloni isolat bakteri pada perairan desa Lobuk bulan Desember 2015-April 2016

		Bg	Pt	Kg	Or	Ci	Pc	Fl	Ir	En	Un	Lo	Er
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Des-15	L1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	L2	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	L3	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	L4	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Jan-16	L5	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	L6	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	L7	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Feb-16	L8	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	L9	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Mar-16	L10	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	L11	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
	L12	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Apr-16	L13	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	L14	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0

Ket: Bg = Bening  
 Pt = Putih  
 Kg = Kuning  
 Or = Oranye  
 Ci = Circular  
 Pc = Punctiform  
 Fl = Filamentous  
 Ir = Irregular  
 En = Entire  
 Un = Undulate  
 Lo = Lobate  
 Er = Erode



**Lampiran 1.** Hasil karakterisasi bentuk koloni isolat bakteri pada perairan desa Saronggi bulan Desember 2015-April 2016

		Bg	Pt	Kg	Or	Ci	Pc	Fl	Ir	En	Un	Lo	Er
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Des-15	S1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	S2	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	S3	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	S4	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	S5	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	S6	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Jan-16	S7	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	S8	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	S9	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Feb-16	S10	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	S11	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	S12	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	S13	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
	S14	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	S15	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Mar-16	S16	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	S17	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
	S18	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	S19	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	S20	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Apr-16	S21	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0

*Ket:* Bg = Bening  
 Pt = Putih  
 Kg = Kuning  
 Or = Oranye  
 Ci = Circular  
 Pc = Punctiform  
 Fl = Filamentous  
 Ir = Irregular  
 En = Entire  
 Un = Undulate  
 Lo = Lobate  
 Er = Erode

**Lampiran 1.** Hasil karakterisasi bentuk koloni isolat bakteri pada perairan desa Talango bulan Desember 2015-April 2016

		Bg	Pt	Kg	Or	Ci	Pc	Fl	Ir	En	Un	Lo	Er
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Des-15	T1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	T2	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	T3	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	T4	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	T5	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Jan-16	T6	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Feb-16	T7	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	T8	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
	T9	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Mar-16	T10	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
	T11	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	T12	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Apr-16	T13	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
	T14	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	T15	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	T16	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	T17	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0

Ket: Bg = Bening  
 Pt = Putih  
 Kg = Kuning  
 Or = Oranye  
 Ci = Circular  
 Pc = Punctiform  
 Fl = Filamentous  
 Ir = Irregular  
 En = Entire  
 Un = Undulate  
 Lo = Lobate  
 Er = Erode

**Lampiran 1.** Hasil karakterisasi bentuk koloni isolat bakteri pada perairan desa Palasa bulan Desember 2015-April 2016

		Bg	Pt	Kg	Or	Ci	Pc	Fl	Ir	En	Un	Lo	Er
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Des-15	P1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	P2	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	P3	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Jan-16	P4	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	P5	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	P6	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	P7	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	P8	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	P9	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	P10	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	P11	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	P12	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Feb-16	P13	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	P14	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	P15	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	P16	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	P17	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
Mar-16	P18	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	P19	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	P20	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	P21	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	P22	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
	P23	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	P24	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
Apr-16	P25	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	P26	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	P27	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	P28	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0

Ket: Bg = Bening  
 Pt = Putih  
 Kg = Kuning  
 Or = Oranye  
 Ci = Circular  
 Pc = Punctiform  
 Fl = Filamentous  
 Ir = Irregular  
 En = Entire  
 Un = Undulate  
 Lo = Lobate  
 Er = Erode

**Lampiran 2.** Hasil karakterisasi isolat bakteri pada perairan desa Lobuk bulan Desember 2015-April 2016

Lobuk					Des 2015				Jan 2016			Feb 2016		Mar 2016			Apr 2016	
		A	B	C	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14
Coccus	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0
Basil	2	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1
Spiral	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gram +	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Gram -	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
K	6	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0
M	7	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
FG	8	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FS/FL	9	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1
H2S	10	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0
AO	11	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FA	12	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
AN	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AE	14	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
MA	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ket: K = Katalase  
 M = Motilitas  
 FG = Fermentasi glukosa  
 FS/L = Fermentasi sukrosa/laktosa  
 H2S = Produksi H2S  
 AO = Aerob obligat  
 FA = Fakultatif anaerob  
 AN = Anaerob obligat  
 AE = Aerotolerant aerob  
 MA = Mikroaerofilik

A = Flavobacterium  
 B = Pseudomonas  
 C = Vibrio

**Lampiran 2.** Hasil karakterisasi isolat bakteri pada perairan desa Saronggi bulan Desember 2015-April 2016

Saronggi					Des 2015						Jan 2016			Feb 2016						Mar 2016					Apr 2016
		A	B	C	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21
Coccus	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Basil	2	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Spiral	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gram +	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Gram -	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1
K	6	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1
M	7	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
FG	8	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FS/FL	9	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
H2S	10	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0
AO	11	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
FA	12	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
AN	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AE	14	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MA	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ket: K = Katalase  
 M = Motilitas  
 FG = Fermentasi glukosa  
 FS/L = Fermentasi sukrosa/laktosa  
 H2S = Produksi H2S  
 AO = Aerob obligat  
 FA = Fakultatif anaerob  
 AN = Anaerob obligat  
 AE = Aerotolerant aerob  
 MA = Mikroaerofilik

A = Flavobacterium  
 B = Pseudomonas  
 C = Vibrio

**Lampiran 2.** Hasil karakterisasi isolat bakteri pada perairan desa Talango bulan Desember 2015-April 2016

Talango					Des 2015					Jan 2016	Feb 2016			Mar 2016			Apr 2016				
		A	B	C	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17
Coccus	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Basil	2	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
Spiral	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gram +	4	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gram -	5	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
K	6	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
M	7	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
FG	8	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FS/FL	9	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
H2S	10	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0
AO	11	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0
FA	12	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
AN	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AE	14	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
MA	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ket: K = Katalase  
 M = Motilitas  
 FG = Fermentasi glukosa  
 FS/L = Fermentasi sukrosa/laktosa  
 H2S = Produksi H2S  
 AO = Aerob obligat  
 FA = Fakultatif anaerob  
 AN = Anaerob obligat  
 AE = Aerotolerant aerob  
 MA = Mikroaerofilik

A = Flavobacterium  
 B = Pseudomonas  
 C = Vibrio

**Lampiran 2.** Hasil karakterisasi isolat bakteri pada perairan desa Palasa bulan Desember 2015-Februari 2016

Palasa					Des-15			Jan-15									Feb-15				
		A	B	C	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17
Coccus	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
Basil	2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1
Spiral	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gram +	4	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
Gram -	5	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1
K	6	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0
M	7	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1
FG	8	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FS/FL	9	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0
H2S	10	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
AO	11	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FA	12	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
AN	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AE	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MA	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

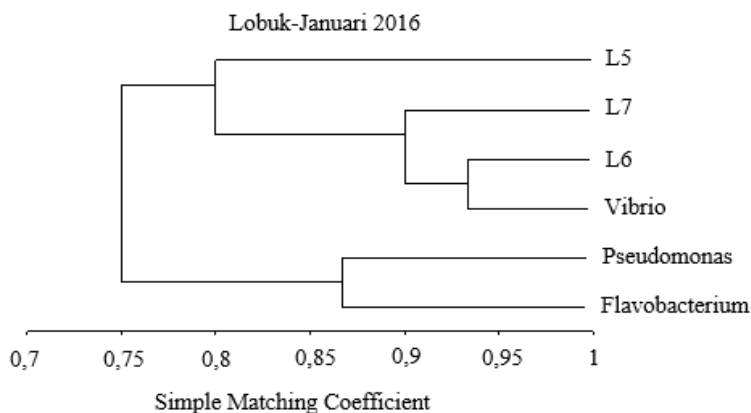
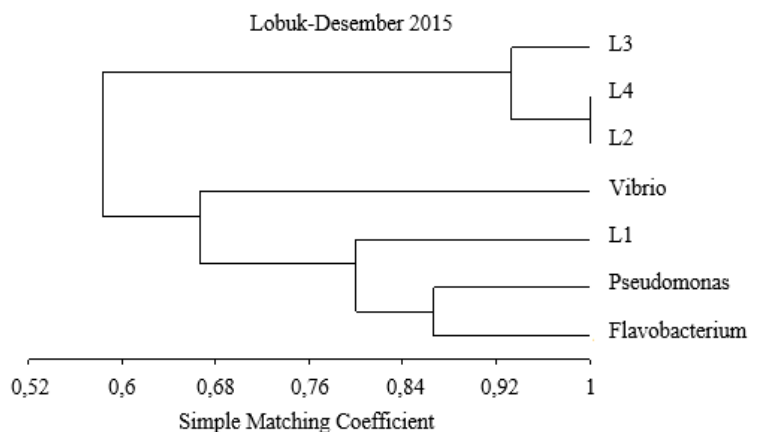
Ket: K = Katalase  
 M = Motilitas  
 FG = Fermentasi glukosa  
 FS/L = Fermentasi sukrosa/laktosa  
 H2S = Produksi H2S  
 AO = Aerob obligat  
 FA = Fakultatif anaerob  
 AN = Anaerob obligat  
 AE = Aerotolerant aerob  
 MA = Mikroaerofilik

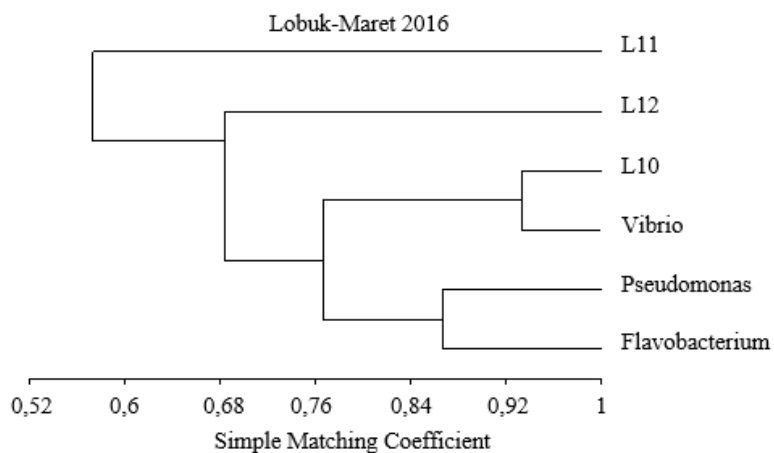
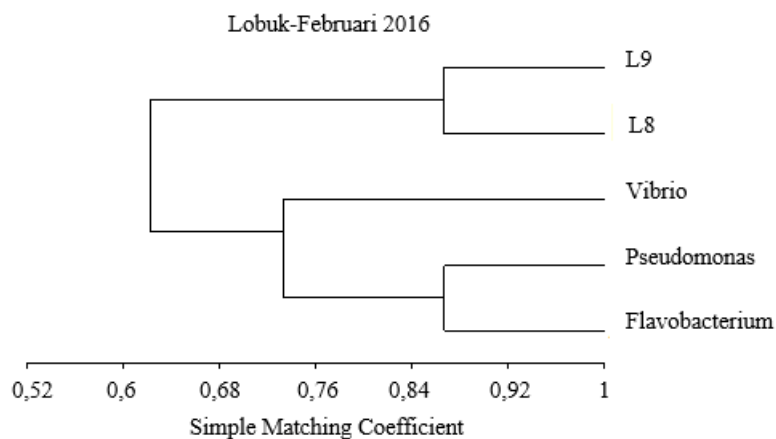
A = Flavobacterium  
 B = Pseudomonas  
 C = Vibrio

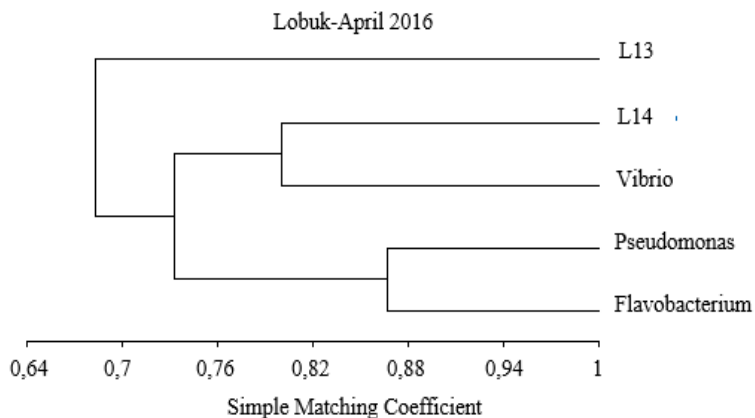
<i>Ket:</i>	K	= Katalase	A	= Flavobacterium
	M	= Motilitas	B	= Pseudomonas
	FG	= Fermentasi glukosa	C	= Vibrio
	FS/L	= Fermentasi sukrosa/laktosa		
	H2S	= Produksi H2S		
	AO	= Aerob obligat		
	FA	= Fakultatif anaerob		
	AN	= Anaerob obligat		
	AE	= Aerotolerant aerob		
	MA	= Mikroaerofilik		



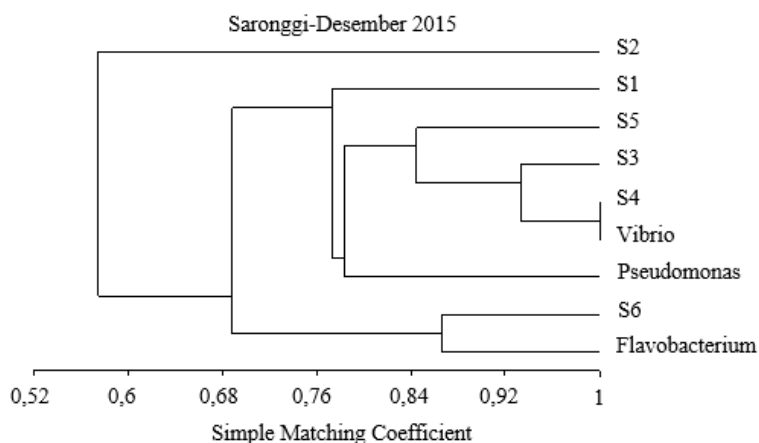
**Lampiran 3.** Dendogram keeratan kekerabatan/similaritas antara isolat bakteri yang diisolasi dengan isolat bakteri terkait kemunculan penyakit *ice-ice* di perairan desa Lobuk pada bulan Desember 2015 sampai April 2016.

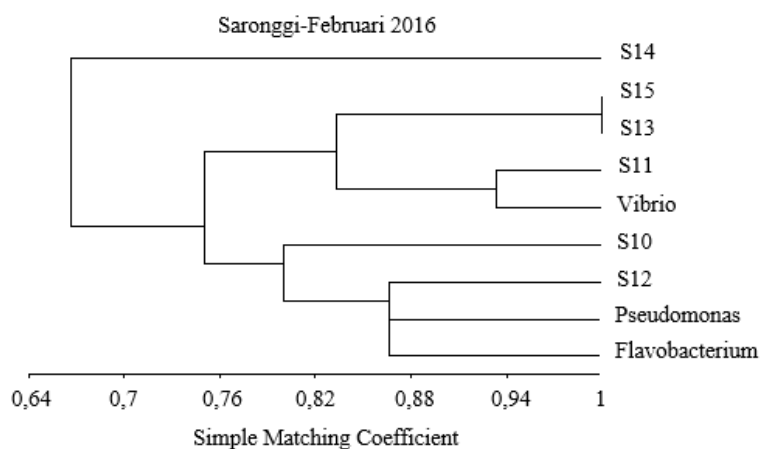
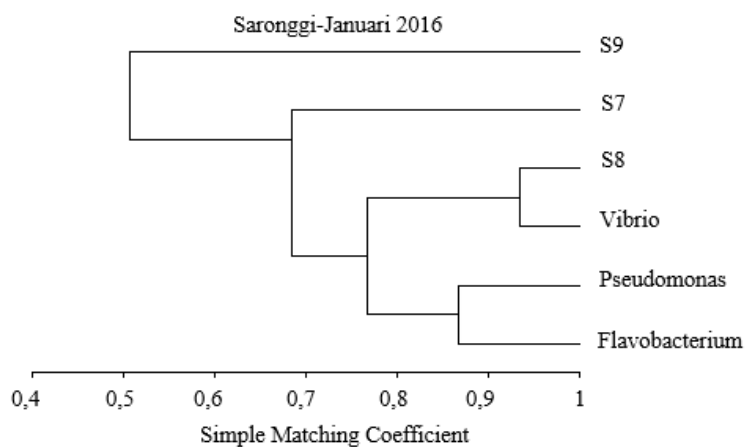


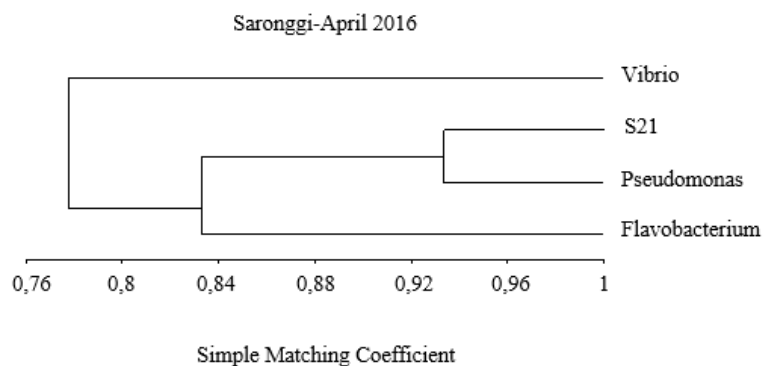
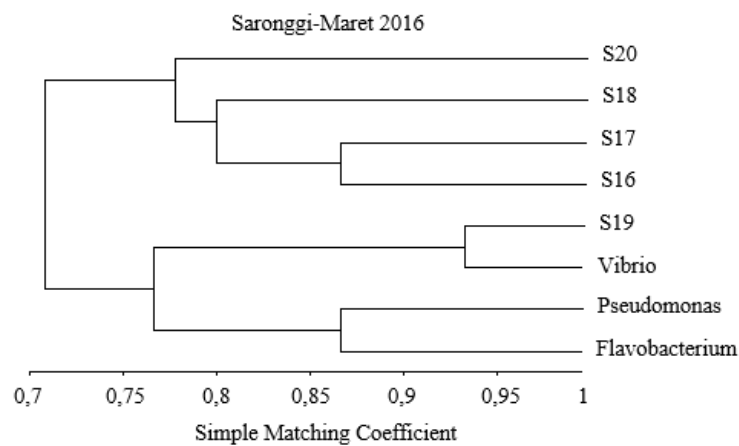




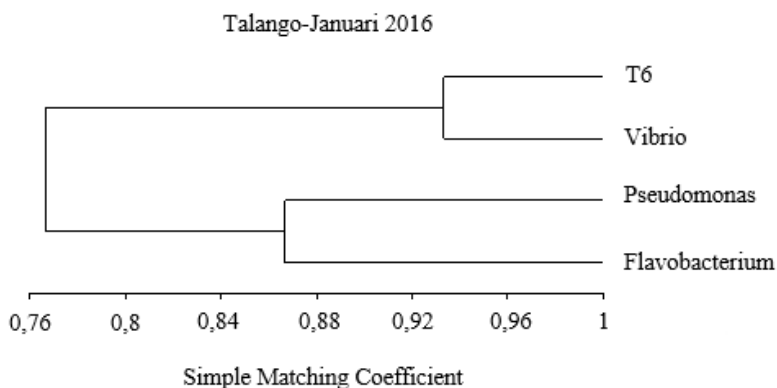
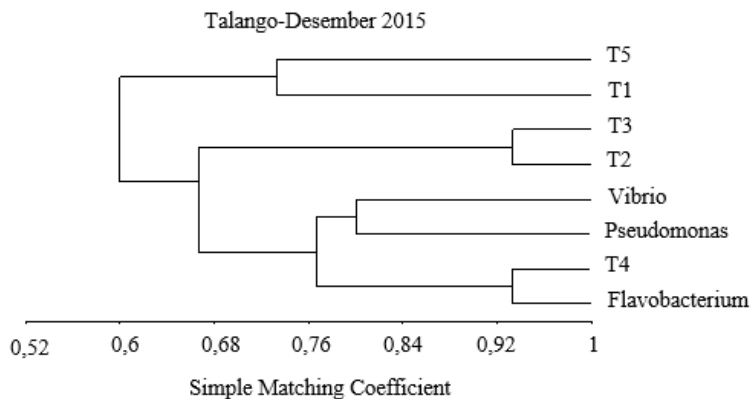
**Lampiran 3.** Dendrogram keeratan kekerabatan/similaritas antara isolat bakteri yang diisolasi dengan isolat bakteri terkait kemunculan penyakit *ice-ice* di perairan desa Saronggi pada bulan Desember 2015 sampai April 2016.

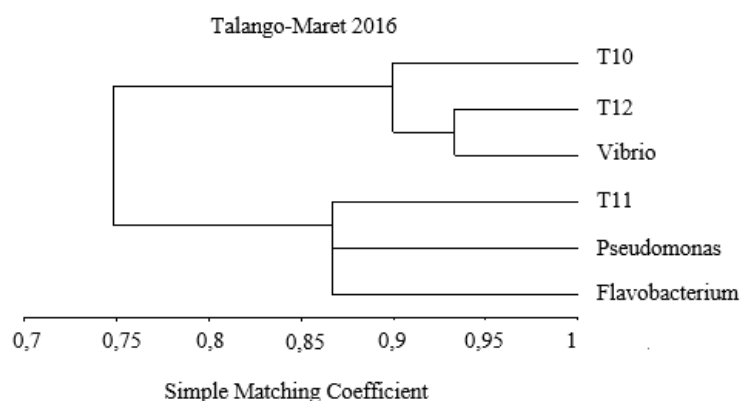
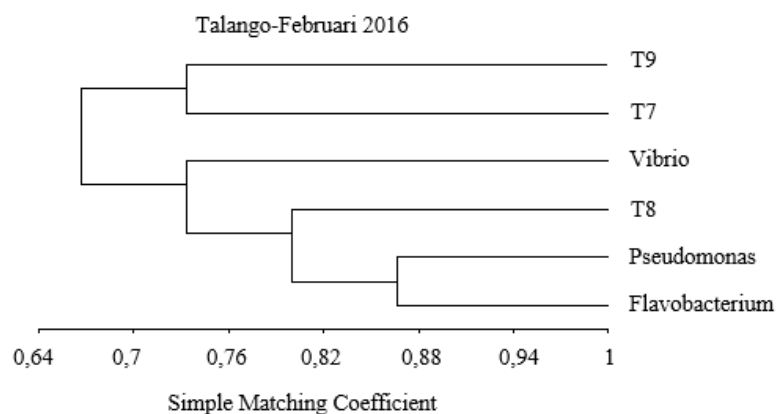


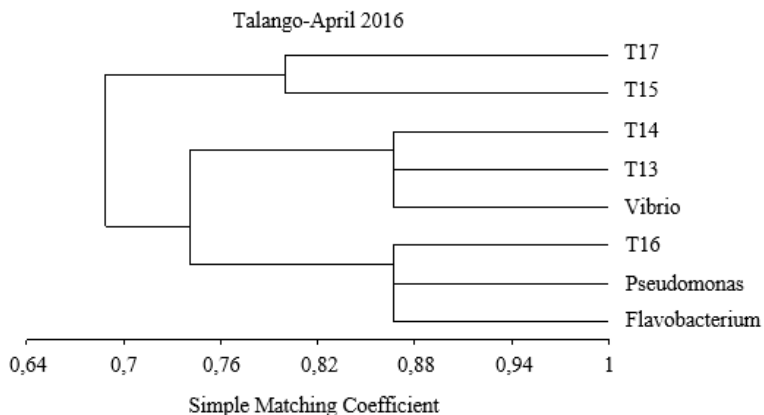




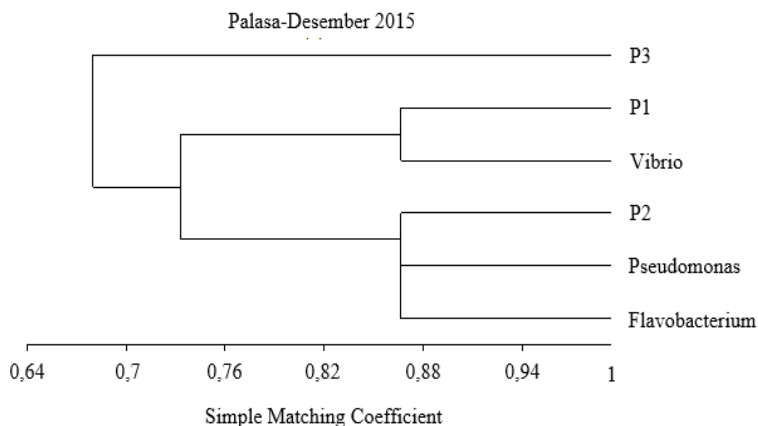
**Lampiran 3.** Dendogram keeratan kekerabatan/similaritas antara isolat bakteri yang diisolasi dengan isolat bakteri terkait kemunculan penyakit *ice-ice* di perairan desa Talango pada bulan Desember 2015 sampai April 2016.



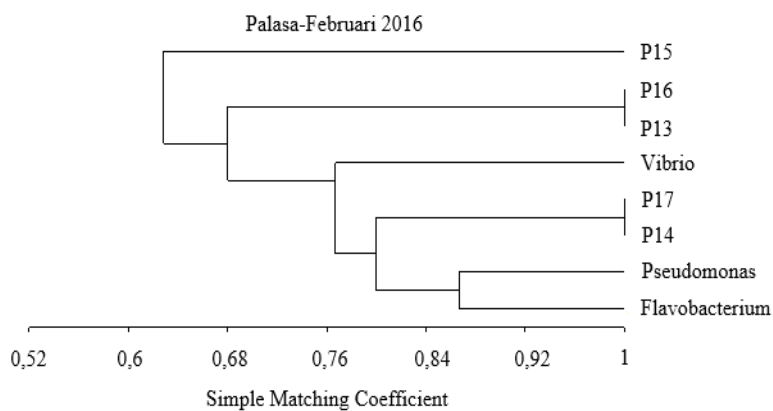
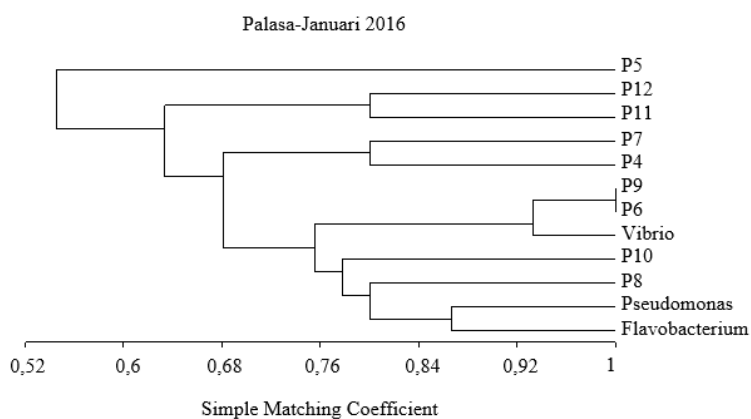


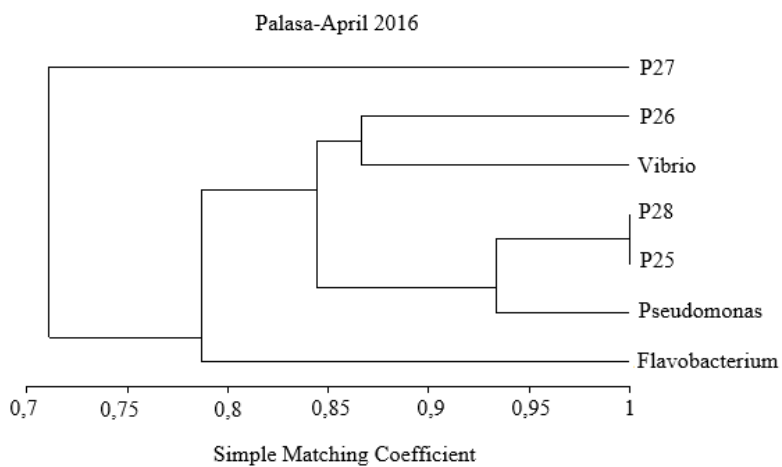
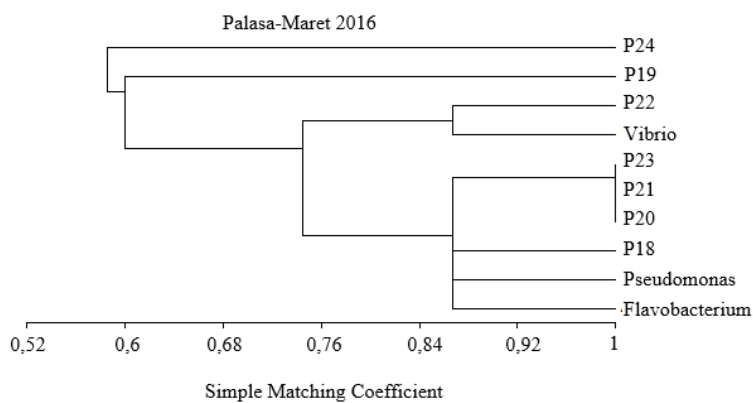


**Lampiran 3.** Dendrogram keeratan kekerabatan/similaritas antara isolat bakteri yang diisolasi dengan isolat bakteri terkait kemunculan penyakit *ice-ice* di perairan desa Palasa pada bulan Desember 2015 sampai April 2016.









**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dinamika kelimpahan bakteri di perairan desa Talango, Saronggi, dan Lobuk fluktuatif. Sedangkan dinamika kelimpahan bakteri di perairan desa Palasa selalu meningkat namun jumlah peningkatan dari bulan Desember 2015 sampai April 2016 tidak selalu sama. Karakteristik bakteri yang teridentifikasi pada tiap bulan di seluruh lokasi perairan budidaya rumput laut adalah bakteri Gram negatif dengan kemampuan motilitas untuk melakukan pergerakan. Berdasarkan dendogram similaritas bakteri penyebab *ice-ice* banyak ditemukan di perairan desa Palasa dan Saronggi. Perairan desa Saronggi merupakan lokasi budidaya rumput laut yang cocok secara fisik kimia biologi perairan, dibuktikan dengan total kelimpahan bakteri dan jumlah bakteri koliform yang relatif sedikit dibandingkan pada lokasi budidaya lain serta kondisi suhu, salinitas, dan pH sesuai untuk pertumbuhan rumput laut.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan penelitian tugas akhir yang telah dilakukan diperoleh saran sebagai berikut:

- Identifikasi keragaman bakteri terhadap kemunculan penyakit *ice-ice* pada rumput laut hingga tingkat spesies perlu dilakukan.
- Data parameter fisik dan kimia lingkungan perlu ditambah untuk mendukung hasil dan pembahasan pada penelitian.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, M., Alimuddin, A., Widyastuti, U., Sukenda, S., Suryanti, E., dan Harris, E. 2016. Molecular Identification of New Bacterial Causative Agent of *Ice-Ice* Disease on Seaweed *Kappaphycus alvarezii*. **PeerJ Preprints**. publ: 3 May 2016
- Anggadiredja, J.T., Z. Achmad, Heri P., dan Sri I. 2008. **Rumput Laut Pembudidayaan, Pengolahan dan Pemasaran yang Potensial**. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Aris, M. 2011. **Identification, Pathogenicity of Bacteria and The Use of Gene 16S rRNA for *Ice-Ice* Detection on Seaweed Aquaculture (*Kappaphycus alvarezii*)**. Phd Thesis. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Aslan, L.M. 2005. **Budidaya Rumput Laut**. Cetakan 6. Yogyakarta. Kanisius.
- Atlas, R. 2005. **Handbook of Media for Environmental Microbiology 2nd Edition**. Taylor and Francais Group LCC. USA. 203, 295.
- Atmaja, W.S., Kadi, A., Sulistijo, dan Satari, R. 1996. **Pengenalan Jenis-Jenis Rumput Laut Indonesia**. Puslitbang Oseonologi LIPI, Jakarta.
- Azanza, R.V. dan Ask, E.I. 2002. *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty Carposporeling Growth and Development in The Laboratory. In A. R. O. Chapman, R. J. Anderson, V. J. Vreeland, & I. R. Davidson (Eds.), **Proceedings of the 17th International Seaweed Symposium** (pp. 95-99). Cape Town, South Africa.
- Benson. 2001. **Microbiological Applications: Laboratory Manual in General Mirobiology, 8th Ed**. New York: The McGraw Hill Companies, Inc.

Bindu, M.S. dan Levine, I.A. 2011. The Commercial Red Seaweed *Kappaphycus alvarezii* - an Overview on Farming and Environment. **Journal of Applied Phycology**, 23, 789-796.

Bixler, H. 1996. Recent Developments in Manufacturing and Marketing Carrageenan. **Hydrobiologia**. 326/327: 35-57.

Breed, R.S., Murray, E.G.D., dan Hitchens, A.P. 1957. **Bergey's Manual of Determinative Bacteriology**, 6th ed. The Williams and Wilkins Co., Baltimore. pp. 545–59.

Badan Standardisasi Nasional. 2006. **Cara Uji Mikrobiologi - Bagian 3: Penentuan Angka Lempeng Total (ALT) pada Produk Perikanan**. SNI 01-2332.3-2006. Jakarta.

Davis, M.L. dan Cornwell, D.A. 1991. **Introduction to Environmental Engineering**. Second edition. Mc-Graw-Hill, Inc. New York.

Dawes, C.J., 1981. **Marine Botany**. John Wiley Dawson University of South Florida. New York.

Denny, M.W. dan Gaines S.D. 2007. **Encyclopedia of Tidepools and Rocky Shores**. California: University of California Press, Ltd.

Dhargalkar, V.K. dan Kavlekar D. 2004. **Seaweeds: A Field Manual**. India: National Institute of Oceanography.

Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. 2004. **Petunjuk Teknis Budidaya Laut: Rumput Laut *Eucheuma cottonii* spp.** Jakarta. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, Departemen Kelautan dan Perikanan.

Djokosetiyanto, D., Effendi, I., dan Antara, K.I. 2008. Pertumbuhan *Kappaphycus alvarezii* Varitas Maumere, Varitas Sacol dan *Eucheuma denticulatum* di Perairan Musi, Buleleng. **J. Ilmu Kelautan**. 13 (3):171-176.

Doty, M.S. dan Norris, J.N. 1985. **Eucheuma species (Solieriaceae, Rhodophyta) that are major sources of carrageenan**. In: Taxonomy of economic seaweeds with reference to some Pacific and Caribbean species. (Abbott, I.A. & Norris, J.N. Eds), pp. 47-61. La Jolla: California Sea Grant College Program

Doty M.S., J.F. Caddy, And B. Santelices. 1987. Case Studies of Seven Commercial Seaweed Resources. **FAO food and agriculture organization of the united nations fisheries technical paper** – 281: Rome, Italy.

Dwidjoseputro, D. 1985. **Dasar-dasar mikrobiologi**. Djembatan. Malang

Effendi, H. 2003. **Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan**. Cetakan Kelima. Yogyakarta. Kanisius.

Egan, S., Fernandes, N.D., Kumar, V., Gardiner, M., dan Thomas, T. 2014. Bacterial Pathogens, Virulence Mechanism and Host Defense in Marine Macroalgae. **Environmental Microbiology**. Vol. 16 (4): 925-938.

Eidman, H.M. 1991. **Studi Efektifitas Bibit Algae Laut (Rumput Laut). Salah Satu Upaya Peningkatan Budidaya Algae Laut (*Eucheuma spp*)**. Laporan Penelitian, Fakultas Perikanan, Institut Pertanian, Bogor., 74 hal.



Engelkirk, P.G. dan Duben-Engelkirk J. 2008. **Laboratory Diagnosis of Infectious Diseases: Essentials of Diagnostic Microbiology**. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins.

Faghri, M.A., Pennington, C.L., Cronholm, L.S., and Atlas R.M. 1984. Bacteria Associated with Crabs from Cold Waters with Emphasis on the Occurrence of Potential Human Pathogens. **Applied and Environmental Microbiology**, 47(5): 1054-1061.

Fardiaz, S. 1992. **Mikrobiologi Pangan PAU Pangan dan Gizi**. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Faruque, S.M. dan Nair G.B. 2008. ***Vibrio cholerae*: Genomics and Molecular Biology**. Caister Academic Press. ISBN 978-1-904455-33-2 .

Fredrickson J.K., Zachara J.M., Balkwill D.L., Kennedy D., Li S.M., Kostandarithes H.M., Daly M.J., Romine M.F., and Brockman F.J. 2004. Geomicrobiology of High-Level Nuclear Waste-Contaminated Vadose Sediments at the Hanford Site, Washington state. **Applied and Environmental Microbiology**. 70 (7): 4230–41.

Fresco, M.C.O. 2012. **“Ice-ice” Algae Pose Threat on Zamboanga’s seaweeds**. Bureau of Agricultural Research.

Ganzon-Fortes, E.T., Azanza-Corrales, R., and Aliaza, T. 1993. Comparison of Photosynthetic Responses of Healthy and “Diseased” *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty using P vs 1 Curve. **Bot. Mar.** 36, 503-506.

Hadioetomo, R.S. 1993. **Mikrobiologi Dasar Dalam Praktek: Teknik dan Prosedur Dasar Laboratorium**. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Haryanti, D. 2014. Formulasi Pupuk Hayati Serbuk Menggunakan Bakteri Pelarut Fosfat Indigeneus Asal Tanah Gambut Asal Riau dalam Berbagai Bahan Pembawa. **Binawidya: Pekanbaru**

Heritage, J., Evans, E.G.V., dan Killington, R.A. 1996. **Introductory Microbiology**. Cambridge University press.

Holt. 1994. **Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th Edition**. USA: Williams and Wilkins Baltimore.

Hurtado, A.Q. 2007. Establishment of Seaweed Nurseries in Zamboanga City, Philippines. Terminal Report Submitted To **IFC-ADB**, 24 September 2007, 17 Pp.

Hurtado, A., Critchley, A., Trespoey, A., 2008. Growth And Carrageenan Quality of *Kappaphycus Striatum* Var. Sacol Grown at Different Stocking Densities, Duration of Culture and Depth. **J Appl Phycol** 20:551–555

Israel, A., Einav, R., Seckbach, J., 2010. **Seaweed and Their Role in Globally Changing Environments**. Springer Science and Business Media B.V. New York.

Jutono, J., Soedarsono, Hartadi, S., Kabirun, S., dan Susanto. 1973. **Pedoman Praktikum Mikrobiologi Umum untuk Perguruan Tinggi**. Departemen Mikrobiologi. Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta: 232 hlm.

Kawaroe, M., Santoso, J., dan Adriani. 2012. **Domestikasi dan Seleksi Makroalga Merah (Red Algae) sebagai Penghasil Bioethanol di Kepulauan Seribu, DKI Jakarta**. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat. IPB.

Lamid, M., Nugroho, T.P., Chusniati, S., Rochiman, K. 2011. Eksplorasi Bakteri Selulolitik Asal Cairan Rumen Sapi Potong sebagai Bahan Inokulum Limbah Pertanian. **Jurnal Ilmiah Kedokteran Hewan** Vol. 4, No. 1, Februari 2011

Largo, D.B., Fukami, K., Nishijima, T., and Ohno, M. 1995. Laboratory-induced development of the "ice-ice" disease of the farmed red algae *Kappaphycus alvarezii* and *Eucheuma denticulatum* (Solieriaceae, Gigartinales, Rhodophyta). **J. Appl. Phycol.** 7: 539-543

Largo, D.B., Fukami, K., Adachi, M., and Nishijima, T. 1997. Direct Enumeration of Total Bacteria from Macroalgae by Epifluorescence Microscopy as Applied to The Fleshy Red Algae *Kappaphycus alvarezii* (Doty) and *Gracilaria* spp. (Rhodophyta). **J. Phycol.** 33: 554-557

Largo, D.B., Fukami, K., Nishijima, T., 1999. Time-Dependent Attachment Mechanism of Bacterial Pathogen During *Ice-Ice* Infection in *Kappaphycus alvarezii* (Gigartinales, Rhodophyta). **J Appl Phycol** 11:129-136.

Largo, D.B. 2000. Recent Development in Seaweed Disease. In: A.Q. Hurtado, N.G. Guanzon, Jr. T.R. de Castro-Mallare, dan M. R.J. Luhan. **Proceedings of the National Seaweed Planning Workshop**. Tigbauan, ilolo: SEAFDEC Aquaculture Department.

Largo, D.B. 2002. **Recent Developments in Seaweed Diseases**. In: The National Seaweed Planning Workshop. Proceeding: 2001Aug 2-3; Tigbauan. Iloilo (PH): SEAFDEC. Pp 35-42.

Levinson, W. 2008. **Review of Medical Microbiology and Immunology: 10th Ed**. McGraw-Hill Companies. p366-49.

Lombardi, J.V., Marques, de H.L., Pireira, R.T.L., Barreto, O.J.S., Paula, E.J. 2006. Cage Polyculture of the Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei* and the Philippines Seaweed *Kappaphycus alvarezii*. Elsevier. **Aquaculture** 258: p 412 -415

Luning, K. 1990. **Seaweed Their Environment, Biogeography and Ecophysiology**. New York: John Wiley and Sons.

Madigan, T.M. and Martinko, M.J. 2005. **Brock Biology of Microorganisms; 11th Ed.** Prentice Hall. ISBN 0-13-144329-1.

Madigan, T.M., Martinko, M.J., Clark, P.D., and Stahl, A.D. 2012. **Brock Biology of Microorganisms 13th Edition**. Pearson Education, Inc. San Francisco.

Maria, L.S. Orbita, J.A. Arnaiz. 2014. Seasonal Changes in Growth Rate and Carrageenan Yield of *Kappaphycus alvarezii* and *Kappaphycus striatum* (Rhodophyta, Gigartinales) Cultivated in Kolambugan, Lanao del Norte. **Advances in Agriculture & Botany-International Journal of the Bioflux Society**. Vol. 6, Issue 2.

Matanjun, S P., Mohamed, N.M. Mustapha, and Muhammad K., “Nutrient Content of Tropical Edible Seaweeds, *Eucheuma cottonii*, *Caulerpa lentillifera*, and *Sargassum polycystum*,” **Journal Of Applied Phycology**, Vol. 21, No. 1, Pp. 75–80, 2008.

Mendoza, W.G., Montano, N.E., Ganzon-Fortes, E.T., Villanu, E.R.D. 2002. Chemical and Gelling Profile of ice-ice Infected Carageenan from *Kappaphycus striatum* (Schmitz) Doty “Sacol” Strain Solieciriciae, Gigartinales, Rhodophyta). **Journal of Applied Phycology**. (14) 409-418.

Middleton, W.E.K. 2002. **A history of the Thermometer and Its Use in Meteorology**. Baltimore: Johns Hopkins Press.

Morello, J.A., Granato, P.A., Mizer, H.E. 2003. **Laboratory Manual and Workbook in Microbiology, 7th Ed.** New York: The Mc-Graw Hill Companies, Inc.

Muharni, E. dan Nurnawati. 2007. Pengujian Aktivitas Kitinase *Bacillus circulans* untuk Dikembangkan sebagai Agen Biokontrol pada Penyakit Tanaman, **J. Penelitian Sains**1 (2):144–150.

Msuya, F.E. and Salum, D. 2007. Effect of Cultivation Duration, Seasonality, Nutrients, Air Temperature, and Rainfall on Carrageenan Properties and Substrata Studies of the Seaweeds *Kappaphycus alvarezii* and *Eucheuma denticulatum* in Zanzibar, Tanzania. **WIOMSA/MARG I n°** 2007-06. 36 pp.

Mtolera, M.S.P., Collén J., Pedersén M., dan Semesi A.K. 1995. Destructive Hydrogen Peroxide Production in *Eucheuma denticulatum* (Rhodophyta) During Stress Caused by Elevated pH, High Light Intensities and Competition with Other Species. **Eur. J. Phycol.**, 30 (In press).

Nasution, M.H. 2005. ***Kappaphycus alvarezii*, Thousand Islands.** Jakarta (ID): Faculty Of Biology, National University Jakarta.

Nazam, M.P. dan Surahman A. 2004. **Dampak Pengkajian Budidaya Rumput Laut di Nusa Tenggara Barat.** Balai Pengkajian Teknologi Pertanian NTB.

Neish, A.C. and Shacklock P.F. 1971. On The Propagation of Strain T-4 of Irish Moss. **Tech. Rep. Ser. Atl. Reg. Lab. Natl. Res. Counc. Can.**, (14):25 P

Nontji, A. 1987. **Budidaya Rumput Laut dan Upaya Pengembangannya.** Makalah pada KIPNAS IV. Jakarta

Nurjanna, I.M. 2008. Identifikasi Bakteri yang Diisolasi dari Rumput Laut yang Terserang Penyakit *Ice-Ice*. **Bul. Tek. Rekayasa Akuakul.** 7(1):79-82.

Nybakken, W.J. 1988. **Biologi Laut. Suatu Pendekatan Ekologis.** Gramedia, Jakarta: 459 hal.

Oblinger, J.L. and Koburger J.A. 1975. Understanding and Teaching the Most Probable Number Technique. **J. Milk Food Technol.** Vol. 38 (9): 540-545.

Pelczar, M.J. and Chan, E.C.S. 2005. **Basics of microbiology, 1st and 2nd volume.** Element of microbiology, pp. 997

Pommerville, J.C. 2011. **Alcamo's Laboratory Fundamentals of Microbiology.** USA: Jones & Barlett Learning.

Prajitno, A. 2005. **Diktat Parasit dan Penyakit Ikan.** Fakultas Perikanan.Universitas Brawijaya, 105 Hlm.

Prescott, H.Y. 2002. **Laboratory Exercise Microbiology 5th Ed.** New York: McGraw-Hill Company.

Priest, F. and Austin, B. 1993. **Modern Bacterial Taxonomy, 2nd Ed.** Champman dan Hall. London.

Round, F.E. 1977. **The Biology of The Algae.** Edward Arnold Publisher. London. Pp 147-161.

Ryan, K.J. and Ray, C.G. 2004. **Sherris Medical Microbiology, 4th Ed.** McGraw Hill. ISBN 0-8385-8529-9.

Santos, G.A. 1989. Carrageenan of species of *Eucheuma* J. Agardh and *Kappaphycus* Doty (Solieriaceae, Rhodophyta). **Aquat. Bot.** 36: 55–67.

Sarief, E.S. 1986. **Ilmu Tanah Pertanian**. Pustaka Buana, Bandung.

Schlegel, H.G. dan Schmidt, K. 1994. **Mikrobiologi Umum Edisi Keenam**. Alih Bahasa: Baskoro T. UGM-Press. Yogyakarta.

Setiyanto, D., Efendi, I. dan Antara, K.J. 2008. Pertumbuhan *Kappaphycus alvarezii* var Maumare, var Sacol dan *Eucheuma cottonii* di Perairan Musi Buleleng. **J. Ilmu Kelautan**. 13(3):171-176.

Shabrina, N., Isdiantoni, Koentjoro, M.P., dan Prasetyo, E.N. 2014. Ice-Ice Disease: Present Status and Future Perspectives. **Seminar 2nd International Biology Conference**.

Soenardjo, N. 2003. **Membudidayakan Rumput Laut**. Semarang. Balai Pustaka Semarang.

Soeparman, H.M. 2001. **Pembuangan Tinja dan Limbah Cair, Suatu Pengantar**. Penerbit Buku Kedokteran (EGC). Jakarta

Suryanto, D. dan Munir E. 2011. Potensi Pemanfaatan Isolat Kitinolitik Lokal untuk Pengendalian Hayati Jamur. **Prosiding Seminar Hasil-hasil Penelitian**. Medan: FMIPA. USU.

Sulistijo. 1994. **The Harfest Quality of alvarezzi Culture by Floating Method in Pari Island North Jakarta**. Research and Development Center for Oceanology Indonesia Institut of Science. Jakarta

Solis, M.J.L., Draeger, S., dan Cruz, T.E.E. 2010. Marine-derived fungi from *Kappaphycus alvarezii* and *K. striatum* as potential causative agents of ice-ice disease in farmed seaweeds. **Botanica Marina**. 53:587-594.

Sutiknowati, L.I. dan Ruyitno N. 2008. Studi Bakteriologis dan Peruntukannya terhadap Budidaya pada Perairan Teluk Klabat, Kepulauan Propinsi Bangka Belitung. **Oceanologi dan Limnologi di Indonesia**, 34:101-115.

Sutiknowati, L.I. 2011. Kajian Mikrobiologis terhadap Kualitas Perairan Laut Belitung Barat, Provinsi Bangka Belitung. **Oceanologi dan Limnologi Di Indonesia**, 37(3):521-545.

Thompson, F.L., Gevers, D., Thompson, C.C., Dawyndt, P., Naser, S., Hoste, B., Munn, C.B., Swings, J. 2005. "Phylogeny and Molecular Identification of Vibrios on the Basis of Multilocus Sequence Analysis". **Applied and Environmental Microbiology** 71 (9): 5107–5115. doi:10.1128/AEM.71.9.5107-5115.2005. PMC 1214639. PMID 16151093.

Tim Perikanan WWF Indonesia. 2014. **Seri Panduan Perikanan Skala Kecil Budidaya Rumput Laut-Kotoni (*Kappaphycus alvarezii*), Sacol (*Kappaphycus striatum*) dan Spinosum (*Eucheuma denticulatum*)**. WWF Indonesia. ISBN 978-979-1461-36-8

Trono, G.C. 1974. **Eucheuma farming in the Phillipines**. University of Phillipines Natural Science Research Center, Diliman, Quezon City, 13 pp.

Trono, G.C. 1992. Eucheuma and Kappaphycus: taxonomy and cultivation. **Bulletin of Marine Science and Fisheries**. Kochi University. 12: 51–65



Trono, G.C. 1997. **Field Guide and Atlas of the Seaweed Resources of the Philippines**. Philippines: Bookmark, Inc.

Utojo, A., Mansyur, B., Pantjara, A.M., and Pirzandan, H. 2007. Kondisi Lingkungan Perairan Teluk Mallasora yang Layak untuk Lokasi Pengembangan Budidaya Rumput Laut (*Eucheuma* sp.). **J. Ris. Akua**. Vol. 2: 243-255.

Uyenco, F.R., Saniel, L.S., and Jacinto, G.S. 1981. The 'ice-ice' problem in seaweed farming. **Proc. Inter. Seaweed Symp.** 10: 625–630.

Vairappan, C.S. 2006. Seasonal Occurrences of Epiphytic Algae on the Commercially Cultivated Red Alga *Kappaphycus alvarezii* (Solieriaceae, Gigartinales, Rhodophyta). **J. Appl. Phycol.** 18: 611–617.

Vairappan, C.S., Suzuki, M., Motomura, T., and Ichimura, T. 2008. Pathogenic Bacteria Associated with Lesions and Thallus Bleaching Symptoms in the Japanese Kelp *Laminaria religiosa* (Laminariales, Phaeophyceae). **Hydrobiologia**. 445:183–191

Vairappan, C.S., Chung, C.S., Hurtado, A.Q., Soya, F.E., Bleicher-Lhonneur, G., and Critchley, A. 2008. Distribution and Symptoms of Epiphyte Infection in Major Carrageenophyte-Producing Farms. **J. Appl. Phycol.** 20: 477–483

Waite, T.D. 1984. **Principle of Water Quality**. Academic Press Inc. London. Pp 114-120

Watson, D.B. 2000. Seaweed Cultivation in Indonesia; Social, Environmental and Public Health and Carrageenan Regulation: a Review and Analysis. **J. Appl. Phycol.** 20: 505–513.

Wilson, T.L.Y., Poh, Y.L., Siew, H.T., Grace, J.W.L.C., Kenneth, F.R., and Ann, A. 2013. Profiling of Lectin Production in Wild-Type and in Vitro Cultivated *Kappaphycus alvarezii*. **European International Journal of Science and Technolog.** Vol. 2 No. 9 November, 2013

Winarno. 1996. **Teknik Pengolahan Rumput Laut.** Jakarta. Pustaka Sinar Harapan.

Yulianto, K. and Mira, S. 2002. Macro Algae Cultivation of *Kappaphycus alvarezii* (Linn., 1758) Vertically and Symptoms of *Ice-Ice* Disease in The Water of Pari Island. **Oceanology.**

Yulvizar, C. 2013. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Probiotik pada *Rastrelliger* sp. **Jurnal Biospesies.** 6 : (2) : 1–7

Zourob, M., Elwary, S., dan Turner, A. 2008. **Principles of Bacterial Detection: Biosensors, Recognition Receptors and Microsystems.** New York. Springer.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

### Biodata Penulis



Penulis bernama lengkap Maharah Huwaina Madini atau dipanggil Hara adalah putri dari pasangan Bapak Maryunus Triatma Basuki dan Siti Nur Haulah. Penulis lahir di Sidoarjo, 15 Maret 1995 ini memiliki hobi mendesain dan menonton film. Sebelumnya penulis sempat menimba ilmu di SD Mutiara 17 Agustus Bekasi dan SDN Pucang III Sidoarjo, SMP Negeri 4 Sidoarjo, dan SMA Negeri 1 Wonoayu sebelum resmi menjadi mahasiswa jurusan Biologi

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Semasa kuliah penulis sempat aktif di berbagai macam kepanitiaan, UKM IFLS, dan surveyor laboratorium Ekologi Biologi ITS. Pada tahun 2014, penulis mengambil kerja praktek selama satu bulan di Pertamina Hulu Energi *West Madura Offshore* Gresik dan berhasil menyelesaikan kerja prakteknya dengan judul “Hubungan Keanekaragaman Plankton dan Makrozoobenthos terhadap Kualitas Air pada Kawasan Konservasi Hutan Mangrove ORF di PT. Pertamina Hulu Energi *West Madura Offshore*, Gresik”. Pada akhir semester, penulis tertarik bergabung dalam *Biomaterial and Enzyme Technology Research Group* 2015 dengan proyek Tugas Akhir yang berjudul “Dinamika Populasi Mikroba terkait Kemunculan Penyakit *Ice-Ice* pada Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*)”